

"NEW MATERIALS AND HELIOTECHNOLOGIES"

ISCNMH-2023

**“Yangi materiallar va Geliotexnologiyalar”  
Xalqaro ilmiy konferentsiya tezis va ma’ruzalar to’plami**

**15-16 may 2023 yil  
Parkent, O‘zbekiston**

**Proceedings of the International Scientific Conference  
“New Materials & Heliotechnologies”**

**15-16 may, 2023  
Parkent, Uzbekistan**

**Материалы международной научной конференции  
“Новые материалы и гелиотехнологии”**

**15-16 мая 2023 года  
г. Паркент, Узбекистан**



**Main partner of ISCNMH-2023**

"E-LINE PRESS" company is the official and exclusive partner of foreign scientific publishers and aggregators, such as EBSCO, PRESSREADER, SPRINGER NATURE, CLARIVATE ANALYTICS, Information Services, Anti-Plagiarism, INFRA- M, YURITE, KNORUS, EKSMO, ELIBRARY.RU, EAST VIEW, ID-LOGIC, etc. on the territory of the Republic of Uzbekistan, since 2012.

Компания «E-LINE PRESS» является официальным и эксклюзивным партнером зарубежных научных издательств и агрегаторов, на территории Республики Узбекистан, начиная с 2012г., таких как EBSCO, PRESSREADER, SPRINGER NATURE, CLARIVATE ANALYTICS, Information Services, Антиплагиат, ИНФРА- М, ЮРАЙТ, КНОРУС, ЭКСМО, ELIBRARY.RU, EAST VIEW, ID-LOGIC и др.

[www.eline.uz](http://www.eline.uz)

[info@eline.uz](mailto:info@eline.uz)

**+99878 147 08 08**

**+99878 147 08 03**

**Dear Colleagues!**

Welcome to the International Scientific Conference "New Materials and Heliotechnologies" dedicated to the 80th anniversary of the establishment of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan and to the 30th anniversary of the establishment of the Institute of Materials Science of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.



The main purpose of the Conference is to analyze, discuss and develop R&D recommendations on the invention, improvement, use of new materials, heliotechnologies and renewable energy sources.

The Conference program and Conference proceedings include scientific issues related to the creation of multifunctional materials with desired properties, breakthrough technologies for manufacturing products from these materials, state-of-the-art materials and technologies for hydrogen energy, low-carbon technologies and renewable energy sources.

I would like to wish all participants of the Conference fruitful work, creative and productive discussion, activity, optimism, and the establishment of cordial contacts.

I believe that the results of the Conference will be useful to all participants, and the proposed recommendations will find their application in the further practical activities of each of them.

I wish good health, welfare, and new scientific initiatives to all of you.

**Dr. O. Parpiev**

**Director of the Institute of Materials Science  
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan**

**Благодарность:** *Организационный комитет Международной конференции "Новые материалы и гелиотехнологии" выражает особую благодарность за помощь в организации Конференции профессора Умарова Гайрата Гиясовича.*

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

### **БОЛЬШАЯ СОЛНЕЧНАЯ ПЕЧЬ И ГЕЛИОТЕХНОЛОГИИ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА**

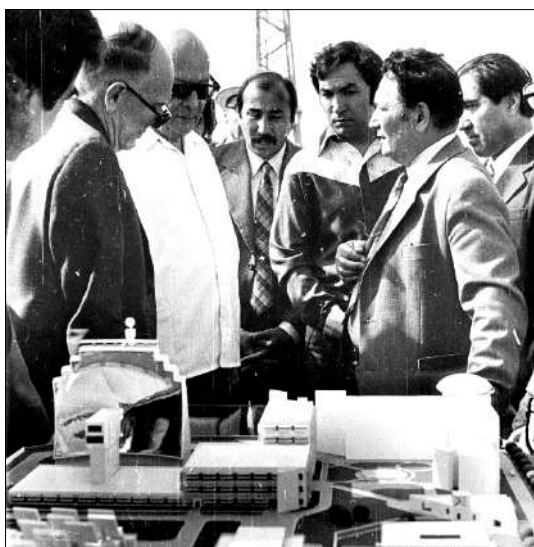
М.Х. Ашуров<sup>а</sup>, С.Х. Сулейманов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> *Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

<sup>б</sup> *Институт материаловедения АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

sultan.suleimanov@gmail.com

В 1970 г. в Одейо (в горах французских Пиренеев) была построена первая в мире Большая солнечная печь (БСП) мощностью 1 МВт. Информации об этой печи было очень мало, не считая нескольких научных публикаций по высокотемпературным материалам. Было известно, что там проводятся испытания для военных целей, но все работы были закрыты. Исследования, проводимые на французской БСП, очень интриговали людей, хотя специалисты догадывались о работах, которые там проводились.



Директор ФТИ С.А. Азимов на макете объекта «Солнце» рассказывает о возможностях солнечной печи. На фото слева направо: Президент АН УССР, Акад. Б.Е. Патон, Президент АН СССР, Акад. А.П. Александров, заместитель директора ФТИ Т.Т. Рискиев, заведующий лабораторией ФТИ С.Х. Сулейманов, директор ФТИ, Акад. С.А. Азимов

Ученые из России, Украины, Узбекистана, Армении и Туркмении выступили с предложениями о строительстве БСП в СССР. Академик С.А. Азимов, директор Физико-технического института (ФТИ) АН РУз, выступил с докладом на Заседании Совета Министров СССР о возможностях и перспективах использования БСП. 12 министерств поддержали эту инициативу, заявив, что готовы принять участие в финансировании строительства БСП. После этого, учитывая, что в Узбекистане подходящий климат, много солнечных дней в году, имеются специалисты в области использования солнечной энергии, было дано поручение ФТИ подготовить технико-экономическое обоснование (ТЭО) на строительство БСП. Были определены головные институты и началась активная работа по подготовке ТЭО. Выполнив ТЭО, ученые ФТИ сдали его в Государственный Комитет по науке и технике СССР.

5 мая 1976 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о создании БСП (объект «Солнце»), была создана комиссия для проведения экспертизы ТЭО на строительство объекта «Солнце». В 1978 – 1979 гг. были выполнены земляные работы и построена дорога на площадку будущего строительства объекта «Солнце».



Президент АН СССР, акад.  
А.П. Александров закладывает  
капсулу с обращением к потомкам  
под первый фундамент БСП

Эти работы финансировала республика. В 1981 г. началось строительство объекта «Солнце», которое завершилось в октябре 1987 г. Все эти годы мы вплотную работали со всеми проектными институтами и должны были проводить большую рекламную и разъяснительную работу, чтобы получить поддержку от правительства, министерств, отраслевых институтов и ученых.

Объект «Солнце» по оптической схеме, структуре и параметрам был аналогом французской солнечной печи, технические характеристики соответствовали французской солнечной печи, тепловая мощность в фокальном пятне была равна 1000 кВт. Нам была поставлена задача повторить французскую солнечную печь.

БСП обладает уникальными свойствами: экологически чистый источник нагрева в окислительной среде; воздействует весь спектр солнечного излучения; плотность потока в центре фокального пятна достигает до  $1000 \text{ Вт/см}^2$ , распределение плотности потока в фокальном пятне описывается функцией типа Гаусса; возможность исследования поведения материалов в экстремальных условиях; поверхностный нагрев; скорость нагрева в фокальном пятне достигает  $1000 \text{ }^\circ\text{C/с}$ ; скорость закалки в фокусном пятне солнечной печи может достигать до  $10^6 \text{ }^\circ\text{C/с}$ ; возможность синтеза многокомпонентных оксидных систем (включая низкотемпературные и высокотемпературные компоненты); электрические свойства расплава не влияют на процесс плавки. Температурное поле в фокальном пятне обладает очень сильным градиентом температуры, который имеет сферическую симметрию. Процессы в фокальном пятне протекают в условиях сильной нелинейности и неравновесности. Все эти свойства БСП позволяют синтезировать материалы, которые обладают совершенно новыми свойствами.

Исходя из особых свойств БСП, в отделе материаловедения ФТИ были определены основные направления научных и прикладных исследований: проведение испытаний на световую стойкость различных материалов, приборов, конструкций и т.д.; поведение материалов в экстремальных условиях; синтез новых материалов (наноматериалы и керамика); физика потоков высокой плотности излучения;

высокотемпературные химические процессы и реакции в условиях воздействия концентрированного солнечного излучения; метрологическая аттестация высоких световых потоков и высоких температур.

Фокальное пятно БСП по своим параметрам и плотности энергии идеально подходит для моделирования световой вспышки ядерного взрыва. Были созданы специальные механические затворы, которые позволяли получить световой импульс заданной формы.

По заказам промышленности на БСП были синтезированы следующие материалы: для оптической промышленности  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{MgO}_4$ ; специальная керамика с низким коэффициентом термического расширения  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ ,  $\text{CaZrO}_3$ ; материалы для ядерных реакторов  $\text{AlGdO}_3$ ,  $\text{LiAlO}_2$ ; стеклокристаллические материалы с низким коэффициентом термического расширения и высокой прозрачностью  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot (\text{ZrO}_2, \text{HfO}_2)$ .

В апреле 1993 г. на базе отдела материаловедения ФТИ и БСП был организован Институт материаловедения (ИМ), первым директором которого был назначен д.т.н. Абдурахманов А.А. Основным направлением работ ИМ было решение научно-технологических задач для отраслей экономики Республики Узбекистан:

- исследование процессов взаимодействия концентрированного солнечного излучения с веществом;
- исследование процессов синтеза неметаллических материалов с заданными свойствами на БСП;
- исследование и разработка композиционных и суперионных материалов и покрытий на их основе;
- разработка технологии синтеза керамических огнеупорных материалов и изделий из них для нужд медицины, энергетики, нефтегазовой отрасли, электроники и легкой промышленности.
- исследование узлов новой техники и конструкций в условиях облучения концентрированным потоком солнечного излучения различной мощности в импульсном и непрерывном режимах.

За годы независимости ИМ работает в направлении инженерной керамики для нужд Республики Узбекистан. Учитывая большой опыт специалистов ИМ в области материаловедения и то, что в Узбекистане в 90-х годах не было заводов по выпуску инженерной керамики, было решено разрабатывать керамические материалы на базе местного сырья для нужд промышленности республики.

Были разработаны керамические и стеклокристаллические материалы с высокой износостойкостью и изготовлены керамические детали для текстильных и шелкомотальных машин. В настоящее время все текстильные комбинаты обеспечены керамическими деталями, изготовленными из материалов, синтезированных на БСП.

Выполнен большой объем работ для электротехнической промышленности. На базе местного сырья разработаны низковольтные и высоковольтные изоляторы и различные керамические детали электротехнического назначения.

Проводится большой цикл работ для нефтегазовой отрасли. В институте разработаны керамические понтоны для хранилищ нефтепродуктов. Разработаны различные керамические фильтры и мембраны для очистки газо- и нефтепродуктов.

Разработана технология получения пористой керамики на основе алюмосиликатных материалов, полученных на БСП, для очистки расплавленного металлического алюминия от механических примесей.

Разработан технологический процесс синтеза и получения на БСП термостойкой керамики на основе титаната алюминия.

Для медицины разработаны инфракрасные излучатели, применяемые при лечении различных заболеваний, а также стерилизации хирургических и стоматологических инструментов.

Разработаны износ- и коррозионностойкие композиционные материалы для покрытий тепловых агрегатов ТЭС, и эффективные фильтры для очистки воды.

Разработаны оксидные композиционные антиотражающие покрытия для кремниевых солнечных элементов, которые имеют значение интегрального коэффициента отражения  $R = 3.52 - 5.31$ , т.е. в 1.5 – 2 раза ниже, чем у промышленно используемого антиотражающего покрытия на основе  $Si_3N_4$  ( $R = 7.18$ ), что позволяет повысить эффективность кремниевых солнечных элементов до 6%.

Разработаны композиционные металлокерамические покрытия для солнечных теплоприемников, которые имеют интегральное поглощение солнечного излучения  $\alpha_s \approx 96\%$  и излучательные свойства  $\epsilon \approx 3.5\%$ .



Директор  
Института материаловедения  
Парпиев О.Р.

С 2020 г. ИМ возглавляет к.ф.-м.н. Парпиев О.Р., под руководством которого институт стал более тесно работать с отраслями промышленности Республики Узбекистан, уделено большое внимание современным направлениям материаловедения.

Разработан метод плавки на БСП техногенных отходов АО «Алмалыкский ГМК» с целью дальнейшего извлечения из них ценных компонентов.

На сегодняшний день основой самой современной и перспективной группы композитных материалов является углеродное волокно. Основным преимуществом углеродных волокон является уникальное сочетание их механических свойств: высокая прочность, жесткость, легкость и термостойкость. Углерод широко используется в различных инновационных и высокотехнологичных продуктах

(аэрокосмическая и авиационная техника, кузов электромобилей, легкие и современные спортивные яхты, велосипедные рамы и т.д.). Использование углерода дало мощный импульс развитию ветроэнергетики, лопасти генератора изготовлены из углеродного волокна. В институте начаты экспериментальные работы по получению углеродного волокна. Начаты работы по разработке технологии получения экологически чистого углеродного волокна с использованием концентрированного солнечного излучения на БСП.

В ИМ начаты работы по разработке технологии получения “зеленого водорода” на основе термохимического цикла разложения ZnO с последующим окислением Zn высокотемпературным паром для получения водорода. На солнечной печи проводятся исследования технологических режимов восстановления ZnO. Проводятся эксперименты по определению оптимальных условий получения водорода. Выполняются конструкторские работы по созданию различных реакторов и закалочных устройств для получения водорода.

Наши исследования показывают, что в настоящее время мы не изучили все технологические возможности БСП. И впереди нас ждет открытие новых умных материалов с экзотическими свойствами.

## **RARE EARTH MAGNET RESOURCE ISSUES AND REACTION TECHNOLOGY DEVELOPMENT TRENDS**

Taek-Soo Kim<sup>a, b\*</sup>

<sup>a</sup> *Korea Institute of Industrial Technology, Incheon, Republic of Korea*

<sup>b</sup> *Industrial Technology and Smart Manufacturing, University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea*

tskim@kitech.re.kr

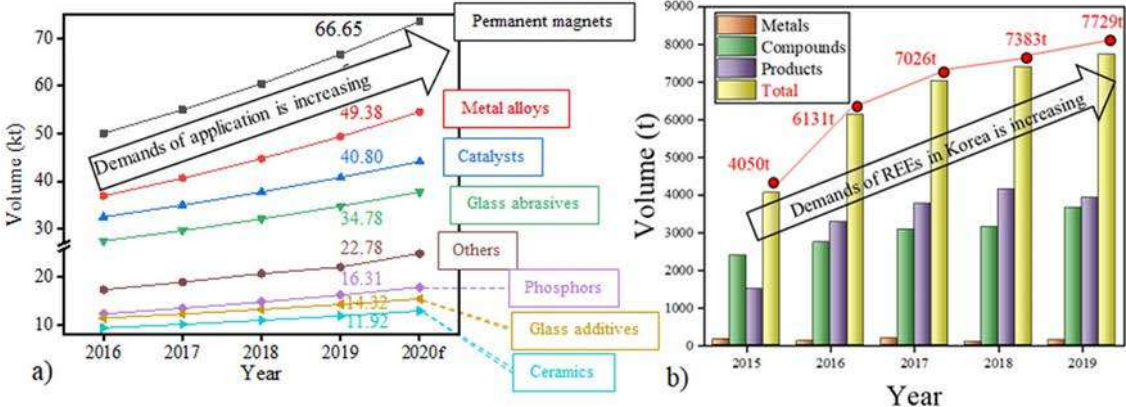
Rare metals play a vital role in the high-tech industry, where their quality and performance determine the overall performance of products. The number of elements classified as rare metals varies among countries, and they are strategically managed according to the supply and demand ratio in each country. Korea has designated 35 types of rare metals and 56 elements, while Japan and the United States classify and manage 31 and 33 types of elements as rare metals, respectively. Due to the limited amount of resource reserves, companies and countries that consume rare metals in large quantities are making great efforts to secure related resources through resource development, recycling and reuse, reduction of usage, and development of alternative products.

Among the rare metals, rare earth elements play a significant role as key components in motors for domestic eco-friendly automobiles, new renewable energy, and robot fields. However, rare earth ores with industrial value are distributed in only a few countries, and China accounts for over 87% of the total rare earth production due to environmental pollution



generated in the process of producing rare earth metals. As a result, securing stable sources of rare earths has become increasingly important. Rare earth elements consist of a total of 17 elements and they are used in various industrial fields, such as permanent magnets, phosphors, and alloy elements, according to their unique characteristics.

Rare earth permanent magnets, in particular, are suitable for miniaturization and weight reduction of electronic products, and they are used in various applications such as industrial motors, electric vehicles, and wind power generators. With the emergence of eco-friendly policies, rare earth elements in permanent magnets used in electric vehicle drive motors are emerging as the largest demand source. The rare earth permanent magnet is the application field where rare earth is used the most, and the standard composition contains about 25% of Fe and Nd, which are the main components, and about 4~25% of Dy. In order to secure competitiveness in China's high-tech industries surrounding rare earth resources, it is essential to review the trends in major countries, discuss the problems and prospects for resource phenomena, and secure stable sources of demand industries.



**Figure 1.** Compiled demand trends for rare earth elements: (a) world market demand trends by application (b) Korea demand trends for metals, compounds, and products.

*Acknowledgements:* This study was supported of the Korea Institute of Industrial Technology as “International cooperation on the development of metallic compounds separation/recovery and byproducts materialization for total recycling during eco-friendly process” project (KITECH JE230013)”.

# THE SURFACE PHASE CONTROLLED COCRFENITI HIGH ENTROPY ALLOY POWDER

Bum Sung Kim<sup>a, b</sup>, Da-Woon Jeong<sup>a</sup>, Muhammad Aneeq Haq<sup>c</sup>, Yoseb Song<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> *Korea Institute of Industrial Technology, Incheon, Republic of Korea*

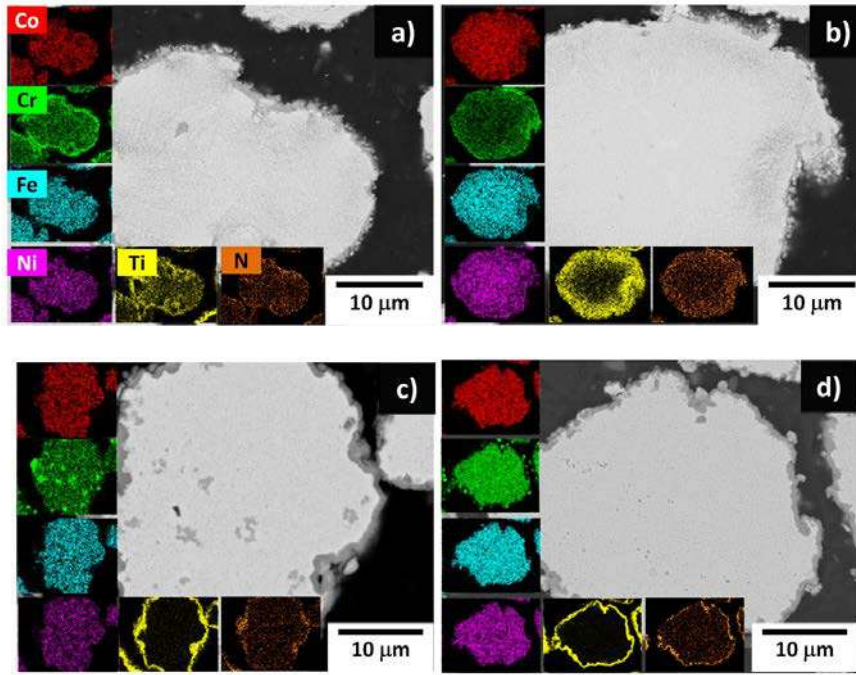
<sup>b</sup> *Industrial Technology and Smart Manufacturing, University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea*

<sup>c</sup> *Abbottabad University of Science & Technology, Islamic Republic of Pakistan*

songys88@kitech.re.kr

Single phase CoCrFeNiTi<sub>0.5</sub> powder was obtained using mechanical alloying process. The presence of multiple phases inside HEAs is a common occurrence due to a variety of factors. The influence of each phase is critical in determining the final properties of the alloy. The CoCrFeNiTi composition is also prone towards formation of multiple phases due to reactive nature of Ti. Controlling the amount of each phase is critical to obtain desired properties. In this study, single CoCrFeNiTi<sub>0.5</sub> alloy powder was heat treated in order to precipitate secondary phases and modify their interfaces. Initially, single phase CoCrFeNiTi<sub>0.5</sub> powder was prepared using mechanical alloying. The alloyed powder was then heat treated at temperatures ranging from 600 to 1000°C. XRD analysis showed that the crystal structure of alloyed powder was single phase BCC. After heat treatment, the BCC structure transformed into an FCC and an Intermetallic phase. Elemental analysis revealed that the FCC phase was Cr and Fe rich, while the Intermetallic phase was rich in Ni and Ti. Quantity and morphology of the FCC and IM phase could be varied with the temperature provided. The IM phase was more stable at low temperatures and nucleated before FCC phase. For heat treatment temperature of 600 and 700°C, nanoprecipitates of FCC phase were distributed inside intermetallic phase. At higher temperatures, the intermetallic phase adapted a needle like morphology in an FCC dominated microstructure. The results show that the growth at the interface of solid solution and intermetallic phase can be dictated by adjusting the activation energy provided. Higher temperatures can force the atoms to migrate from an ordered phase into a partially ordered solid solution.

The XRD revealed BCC structure of the MA powder. Afterwards alloyed powder was heat treated under partial N<sub>2</sub> atmosphere in order to modify the interfaces of the powders. A temperature of 900°C was used for heat treatments. The partial pressure ratio of N<sub>2</sub> and Ar ( $P_{N_2}/P_{Ar}$ ) was controlled to study the evolution of core-shell structure. The  $P_{N_2}/P_{Ar}$  values of 1.00, 0.67, 0.33 and 0.10 were used for heat treatments. Microstructural analysis of the heat-treated powders revealed at higher values of  $P_{N_2}/P_{Ar}$  the Cr<sub>2</sub>N phase was present in excess, while as the  $P_{N_2}/P_{Ar}$  value decreased, the TiN started to precipitate on the surface of the powders. XRD analysis confirmed the interchange from Cr to Ti nitride as the  $P_{N_2}/P_{Ar}$  was shifted towards the lower values. Concurrently the powder crystal structure transformed from BCC to FCC. This fabrication method reveals a promising avenue to achieve new grain boundary strengthened materials with multifunctional properties.



**Figure 1.** SEM/EDS imaging of heat-treated powder microstructure at  $P_{N_2}/P_{Ar}$  of a) 1.00, b) 0.67, c) 0.33, and d) 0.10

1. M.A. Haq, N.S.A. Eom, N. Su, H. Lee, T.S. Kim, B.S. Kim, Powder interface modification for synthesis of core-shell structured CoCrFeNiTi high entropy alloy composite, *App. Sur. Sci.*, 506 (2020) 144925

*Acknowledgements:* This study was performed with the support of Korea Institute of Industrial Technology titled “Development of hydrogen gas sensor manufacturing technology based on rare metals with Uzbekistan Institute of Materials Science (JE230012)”.

## FULLERENE NANOTUBES AND CONTROLLING THEIR GEOMETRIC DIMENSIONS

S.A. Bakhramov, A.M. Kokhkharov, U.K. Makhmanov, A. Shukurov, S.A. Esanov,  
B.A. Aslonov, K.N. Musurmonov, Z. Bekmurodov, D. Sidigaliyev

*Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies, Uzbekistan Academy of Sciences*

urol\_m@mail.ru

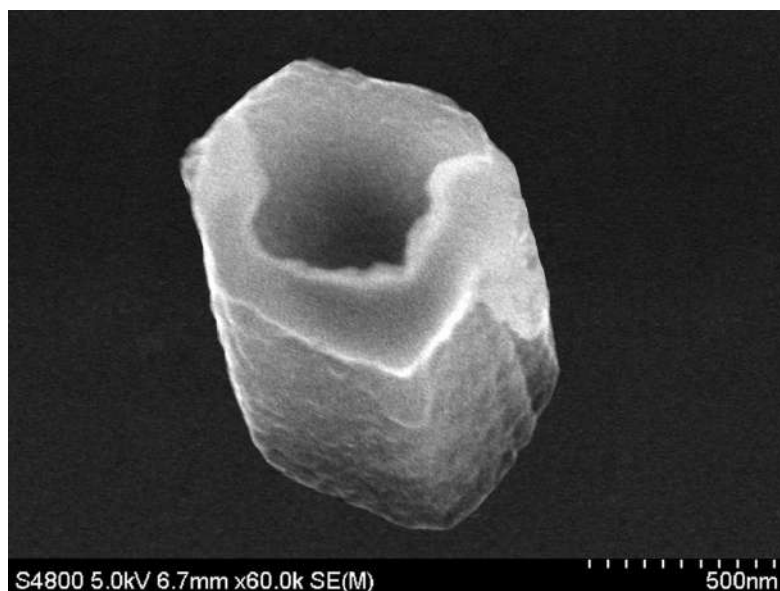
Today the synthesis of nanomaterials are crucial issues to solving critical problems in modern nanoscience. In this case, understanding nanoscale phenomena opens up wide opportunities both in the synthesis of various nanoscale materials and in improving the functions of new materials by regulating nanoscale structures [1]. At present, the study of the physicochemical properties of nanocarbon materials, in particular fullerenes ( $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ), is of considerable interest [2]. Interest is associated with the possibility of their practical use in the synthesis of nanostructured sensitive elements of high-speed optical devices, nanosensors,

biochips, semiconductor and high-strength nanomaterials, etc.

The  $C_{70}$  fullerene molecule is a completely organic ellipsoidal macromolecule with diameters  $d_1 \approx 0.78 \pm 0.001$  nm and  $d_2 \approx 694 \pm 0.005$  nm. These molecules are relatively well soluble in one- and two-component weakly polar organic solvents, almost insoluble in alcohols and water. Recently, the obtaining  $C_{70}$  fullerene nanostructured materials have attracted particular attention of a wide range of researchers. At the same time, the physical processes of obtaining fullerene based nanomaterials are still poorly understood.

The aim of this work is to obtain nanostructured tubes of fullerene  $C_{70}$  ( $C_{70}$ NTs) and to control their geometric dimensions. To prepare the working solution in the experiments, we used fullerene  $C_{70}$  powder with a purity of at least 99.5%, as well as organic solvents - analytical grade ethylbenzene and isopropyl alcohol (IPA), chemically pure grade (Sigma-Aldrich, USA).

A used method has been proposed and implemented for obtaining nano- and microsized tubes from fullerenes, based on the self-organization of fullerene molecules during the thermal evaporation of a solvents from droplets of fullerene solutions. Fig. 1 shows an SEM-image of multi-walled  $C_{70}$ NTs synthesized in the volume of evaporating droplets of a dispersed solution of  $C_{70}$  in a mixture of solvents "ethylbenzene+IPA" (with a volume fraction of 0.9:0.1, respectively) on the substrate surface. It can be seen that, after complete evaporation of the solvents from the droplet on the silicon substrate surface, ordered are predominantly formed. In this case, multi-walled  $C_{70}$ NTs contain from both individual  $C_{70}$  molecules and  $C_{70}$  nanoclusters. The length of the  $C_{70}$ NTs is  $\sim 1$   $\mu\text{m}$ , the inner diameter is  $\sim 400$  nm, and the wall width is  $\sim 200$  nm.



**Figure 1.** SEM image of multi-walled  $C_{70}$ NTs synthesized in the volume of evaporating droplet of fullerene  $C_{70}$  solution on the surface of a silicon substrate. The fullerene concentration in the initial drop of the solution was  $\sim 1.25 \cdot 10^{-3}$  mol·L $^{-1}$ .

It should be noted that one end of the obtained nanotubes, from where the formation and further growth of nanotubes begins, is closed. The latter makes  $C_{70}$ NTs functional as new materials and convenient for use as nanocapillaries, nanocontainers, as well as nanosorbents. The remarkable aspect of the used method is that it is possible to control the geometric dimensions of the  $C_{70}$ NTs obtained in the experiment by changing the volume fraction of solvents [3].

The experimental results of this work can be used to predict and control the synthesized geometric dimensions of new nanostructured materials and can be very useful for the obtaining the desired hierarchical nanostructures in a “bottom – up” approach.

1. A. Corletto, J.G. Shapter. *Advanced Sciences*, Vol. 8, No. 1, pp. 2001778 (2021).
2. U.K. Makhmanov, A.M. Kokhkharov, S.A. Bakhramov, S.A. Esanov, D. Erts. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, Vol. 30, No. 1, pp. 80-84 (2022).
3. U.K. Makhmanov, A.M. Kokhkharov, S.A. Bakhramov, S.A. Esanov. *Romanian Journal of Physics*, Vol. 67, No. 1-2, pp. 601-609 (2022).

## **THE THEORETICAL INVESTIGATIONS OF ELECTRONIC STRUCTURE OF 2D MATERIALS AND THEIR HETEROSTRUCTURES**

Suklyun Hong

*Department of Physics, Graphene Research Institute, and GRI-TPC International  
Research Center, Sejong University, Seoul 05006, Korea*

hong@sejong.ac.kr

Graphene and other two-dimensional (2D) materials such as hexagonal boron nitride (h-BN), transition metal dichalcogenides (TMDs) and metal monochalcogenides (MMCs) have attractive physical and chemical properties. For utilization of such 2D materials as electronic devices, their mixed-dimensional van der Waals (vdW) heterostructures with 3D materials are receiving much attention. To understand electronic properties of these mixed-dimensional 2D/3D heterostructures, we have performed density functional theory (DFT) calculations.

We investigate the reduction of the Fermi level pinning (FLP) at Au–MoS<sub>2</sub> interfaces by atomic passivation on Au (111). To reduce the FLP at Au–MoS<sub>2</sub> interfaces, we consider several atoms (S, O, N, F, and H) that can passivate the surface of Au (111). Passivating atoms prevent the direct contact between Au (111) and MoS<sub>2</sub>, and thus FLP at Au–MoS<sub>2</sub> interfaces is reduced by weak interaction between atom-passivated Au (111) and MoS<sub>2</sub>. Especially, FLP is greatly reduced at sulfur-passivated Au–MoS<sub>2</sub> interfaces with the smallest binding energy. Furthermore, fluorine-passivated Au (111) can form ohmic contact with MoS<sub>2</sub>, representing almost zero Schottky barrier height (SBH). We suggest that SBH can be controlled depending on the passivating atoms on Au (111).

Next, we study atomic and electronic structures of the 2D/3D heterojunction between MoS<sub>2</sub> and Si (100) by focusing on the contact behavior dependence on the interfacial structures. Calculations show that MoS<sub>2</sub> and clean Si(100) form an almost n-type ohmic contact with small SBH due to strong covalent bonds between them, and that the contact between MoS<sub>2</sub> and H-Si(100) makes a p–n heterojunction with weak vdW interactions. Such a difference in contact behaviors can be explained by different electric dipole formation at the heterojunction interfaces. Similarly, 2D/3D heterostructures between GaSe and Si(111) are investigated. GaSe forms n-type contact with c-Si (111) and thus Fermi level pinning occurs at GaSe/c-Si(111) interfaces with metal-induced gap states. In the case of GaSe/H-Si (111), we identify that the interfaces form p-n heterojunction, especially with type II band alignment. Overall, it is concluded that contact properties can be varied depending on the interfacial structures of 2D/3D semiconductor heterojunctions.

## **СОЛНЦЕ – УНИКАЛЬНЫЙ ИНИЦИАТОР ВСЕХ ПРОЦЕССОВ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ**

Т.А. Карасёва, Эдгар О. Клозе

*Бранденбургский Институт по поддержке и развитию технологий и  
инноваций, Штраусберг, Германия*

edgar.klose@miti-ev.de

В течение миллиардов лет своего существования планета Земля, как часть Солнечной системы, находится под исключительным влиянием Солнца. Все процессы, происходящие на нашей планете, как и на других планетах, в основном инициируются центральной звездой – Солнцем. Помимо гравитационных сил, это, прежде всего, энергия электромагнитного излучения. Спектр электромагнитного излучения Солнца имеет максимум на длине волны около 500 нм, но колеблется от жесткого рентгеновского излучения до длинных радиоволн. Непрерывный спектр излучения можно сравнить со спектром «черного тела» с температурой около 6000 К, что соответствует температуре фотосферы Солнца. Нейтрино, образующиеся в результате ядерного синтеза внутри Солнца, составляют лишь 2% всей мощности этого процесса. Их вклад в энергию, падающую на Землю, ничтожен. Более подробное физическое рассмотрение отдельных последующих процессов этого излучения показывает, что вся эволюция на планете Земля управлялась и до сих пор управляется различными физическими процессами. Происходит постоянное преобразование энергии этого излучения в тепловую энергию, которая частично служит для поддержания жизненных процессов на Земле (температура окружающей среды, испарение воды – распределение воды по планете) или теряется в космосе в виде теплового излучения.

Значительная часть энергии, падающей на Землю, сохраняется в различных формах и доступна для развития жизненных процессов на планете. При внимательном

рассмотрении этих процессов обнаруживается единство эволюционных процессов на нашей планете:

**Тезис 1:** Все процессы развития на планете управляются энергией.

**Тезис 2:** Водород является решающим элементом для сохранения энергии электромагнитного излучения Солнца на планете: Фотосинтез как первичный процесс поддержания всей жизни на Земле.

**Тезис 3:** Кислород является решающим элементом для высвобождения накопленной энергии из различных форм хранения в полезную энергию: Окисление как в технических, так и во всех жизненных процессах. Исключение – преобразование потенциальной энергии гравитации в кинетическую энергию, например, гидроэнергетика.

**Тезис 4:** Не случайно решающие молекулы (1) для накопления энергии посредством фотосинтеза (хлорофилл) и (2) для транспорта кислорода к клеткам у высших эукариотов (человек, животное), благодаря наличию эритроцитов (гемоглобин), имеют одинаковые структуры; отличающиеся только центральными атомами магния (хлорофилл) и железа (гемоглобин).

**Тезис 5:** В качестве вывода из тезисов 1 – 4 вытекает следующее определение термина «Жизнь»: «Жизнь – это движение электрически заряженных частиц по электролитическим путям под действием определенных электромагнитных полей. Учитывая, что «Смерть» по принятому ВОЗ определению – «это сбой электроэнцефалограммы ЭЭГ», подтверждается выше данное определение «Жизни» классической медициной. При этом необходимо принимать во внимание разницу между органическим материалом (например, семенем, яйцеклеткой) и живым организмом (например, растением, животным).

**Тезис 6:** Не только мозг (ЭЭГ), сердце (ЭКГ) или мышечная система (ЭМГ) имеют определенные «электромагнитные поля». Биорезонансные методы подтверждают, что все органы живых организмов имеют характерные электромагнитные поля. Это следствие эволюции на планете.

**Тезис 7:** Определение иммунной системы с эволюционной точки зрения: “Иммунная система живого организма – это система всех эволюционно созданных электромагнитных полей этого организма, находящаяся в равновесии с суммой всех патогенов, которые в принципе угрожают этому организму!”.

**Тезис 8:** Недомогание (болезнь) этого организма – это либо отклонение одного или нескольких его эволюционно детерминированных электромагнитных полей от этого равновесного баланса (например, мигрень, «Burn-out»-синдром), либо инвазия патогенов (инфекция), выводящая иммунную систему из состояния равновесия. Оба процесса можно вернуть в равновесие с помощью определенных резонансных волн, и таким образом восстановить «здоровое состояние системы».

**Тезис 9:** Необходимо срочно рассмотреть, почему в системе здравоохранения развитых стран приоритет при лечении пациентов отдается почти исключительно

методам «классической медицины» (лечение на основе лекарств), а не физическим методам лечения.

**В докладе** будут приведены примеры того, как дефицит здоровья живых организмов (животных и человека) можно устранить с помощью целенаправленного использования точно измеренных или рассчитанных частот даже в тех случаях, когда высокоразвитая традиционная медицина потерпела неудачу.

## **HYDROGEN ENERGY APPLICATION IN BELARUS**

O. Penyazkov

*A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Belarus*

penyaz@dnp.itmo.by

The visibility of Hydrogen application like an energy carrier for energy use and future transportation technologies for economy of Belarus is considered. The cost and efficiency for green Hydrogen energy generation per cubic meter of fuel are compared with the same parameters for natural gas. Different promising ways of Hydrogen production by pyrolysis on natural gas are considered and compared each other. Total energy efficiency of low-temperature hydrogen fuel cell vehicles and standard internal combustion engines is analyzed. Some realistic approaches for hydrogen transportation and small-scale ground electricity generation are presented for public sectors of Belarus.

## **ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS FOR CARBON DIOXIDE UTILIZATION**

Jingxiang Low

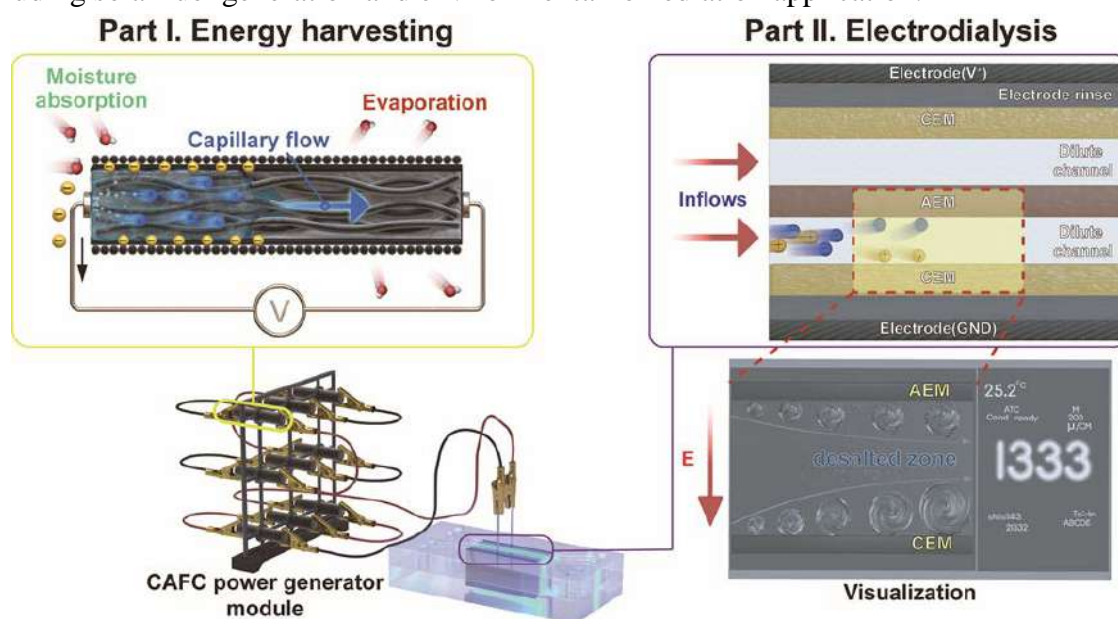
*<sup>a</sup>Hefei National Laboratory for Physical Sciences at the Microscale, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, China*

jxlow@ustc.edu.cn

Imitating photosynthesis in nature, photocatalytic conversion of greenhouse gases (such as CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) into high-value hydrocarbon fuels is of great significance from both the scientific and economic points of view. Amidst the development of such a technology, metal oxides have been extensively applied and studied due to their suitable band structure and excellent stability. However, the single metal oxide is confronted with low light utilization efficiency and rapid photogenerated electron-hole recombination, leading to low photocatalytic performance. To overcome these limitations, we have made a great effort in the following fields: (1) the morphology tuning of metal oxides for enhancing the light utilization of photocatalyst; (2) the loading of catalyst on metal oxides for enhancing the photogenerated charge carrier separation; (3) the design of metal oxide-based heterojunction photocatalyst for



enhancing the photogenerated charge carrier utilization efficiency. The resultant systems exhibited efficient visible-light photocatalytic performance and improved power conversion efficiency in solar energy, which underpins important solar-energy conversion applications including solar fuel generation and environmental remediation application.



**Figure 1.** Schematic of biomimetic self-operating transpiration generator and electrodesalination linkage.

1. L. Liu, Z. Wang, J. Zhang, O. Ruzimuradov, K. Dai, J. Low, *Adv. Mater.*, **2023**, 2300643.
2. J. Low, B. Dai, T. Tong, C. Jiang, J. Yu, *Adv. Mater.*, **2019**, *31*, 1802981.
3. J. Low, J. Yu, M. Jaroniec, S. Wageh, A. Al-Ghamdi, *Adv. Mater.*, **2017**, *29*, 1601694.
4. W. Jiang, J. Low, K. Mao, D. Duan, S. Chen, W. Liu, C. Pao, J. Ma, S. Sang, C. Shu, X. Zhan, Z. Qi, H. Zhang, Z. Liu, X. Wu, R. Long, L. Song, Y. Xiong, *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, *143*, 269–278.
5. J. Low, C. Zhang, J. Ma, D. Murzin, Y. Xiong, *Trends Chem.*, **2022**, *5*, 121–132.
6. J. Low, L. Zhang, T. Tong, B. Shen, J. Yu, *J. Catal.*, **2018**, *361*, 255–266.

*Acknowledgements:* The author thanks the funders (National Key R&D Program of China (2022YFE0126500) and NSFC (22150610467)) for awarding the grant.

# ORGANIC-PEROVSKITE NON-MONOLITHIC 2T-TANDEM SOLAR CELLS IN PARALLEL CONNECTION

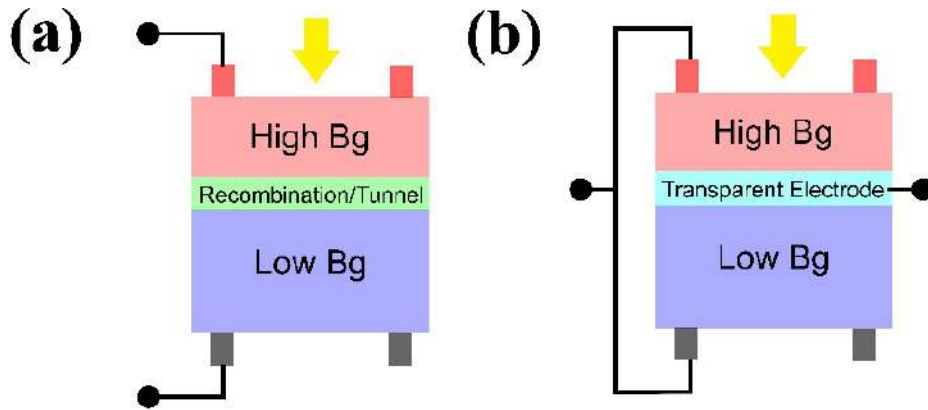
Sapori D.<sup>a\*</sup>, Sanjieva M.<sup>a</sup>, Ivanov V.<sup>a</sup>, Zakhidov A.<sup>b</sup> and Makarov S.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Department of Physics and Engineering, ITMO University, Lomonosov str 9, Saint Petersburg 191002, Russia*

<sup>b</sup>*Nanotech Institute, University of Texas, BE 26 / 800 West Campbell Road Richardson, Dallas, 75083, TX, USA*

daniel.sapori@metalab.ifmo.ru

During the last decade, halide perovskites have been one of the most studied material for optoelectronic and photovoltaic applications with remarkable results: in single-junction solar cells, 25.7% of conversion efficiency has been obtained close behind to the record efficiency of reference silicon devices [1, 2], and in tandem solar cells, their combination with silicon absorber managed to overcome the theoretical limit of efficiency for single junction silicon cell with the certified efficiency of 32.5% [1, 3].



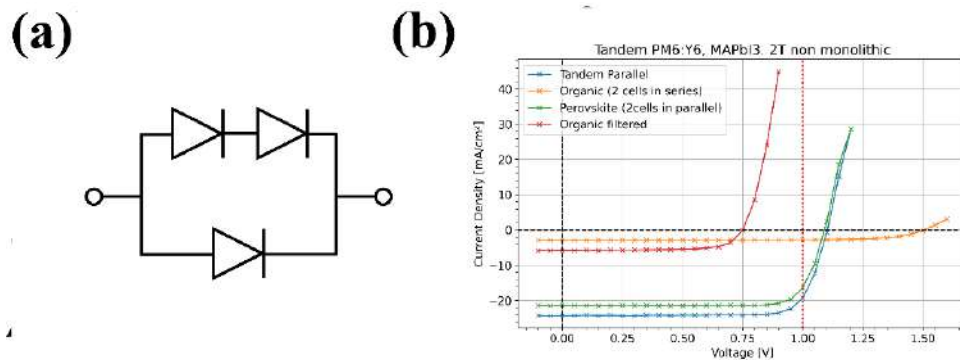
**Figure 1.** Schematic of 2T tandem architectures in-series connection (a) and in-parallel connection (b).

In the tandem approach, two absorbers of different bandgap energy are used to absorb the sunlight spectrum more efficiently and therefore beat the efficiency Shockley-Queisser limit. Besides Perovskite/Silicon based tandem, other possibilities were explored combining different absorbers with Perovskite such as Perovskite/CIGS [4], Perovskite/Perovskite [5] and Perovskite/Organic [6]. Tandem combination with organic has recently regained interest thanks to recent progress in organic solar cells with the development of non-fullerene small molecular acceptor increasing the efficiencies of single-junction organic solar cells [7, 8]. With such progress, a record efficiency certified of 22.95% has been recently obtained with the combination of the ternary system PM6:Y6:PC71BM and a 1.79 eV band gap energy perovskite front cell [6].

In this work, we focus on the architecture of the tandem device. Generally, in-series connection tandems are reported where both subcells are connected in-series, summarizing the open-circuit voltages, despite the current matching condition (Figure 1a).

Here, we study the interest of in-parallel connection for tandem with unbalanced absorption where current matching condition cannot be reached (Figure 1b).

For that, solar cells based on MAPbI<sub>3</sub> and PM6:Y6 absorbers were fabricated, and non-monolithic tandem measurements were performed. We show that in-parallel connection, if the currents are summarized, nearly matching open-circuit voltages is preferable to avoid any power efficiency loss. To solve the problem, we offer a combination of solar cells where two organic cells are first put in series to double the open-circuit voltage and then put in parallel with a perovskite solar cell. In such an approach, close to 21% power efficiency of non-monolithic tandem is achieved in parallel connection (Figure 2).



**Figure 2:** Schematic of association of cells (a), JV curves of single cells and resulting tandem (b).

1. NREL, Best Research-Cell Efficiency Chart, 06/03/2023
2. Jeong et al., Nature 592(7854), 381–385 (2021)
3. Liu et al., Science 377(6603), 302–306 (2022)
4. Jost et al., ACS Energy Letters 7(4), 1298–1307 (2022)
5. Jiang et al., Science 378(6626), 1295–1300 (2022)
6. Chen et al., Nature Energy 7(3), 229–237 (2022)
7. Yan et al., Nature Reviews Materials 3(3) (2018)
8. Zhang et al., Nature Communications 12(1) (2021)

*Acknowledgments:* This work was financially supported by the Government of the Russian Federation through the ITMO Fellowship and Professorship Program.

## КОНЦЕПЦИЯ “COMPLEXITY” В РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ

Б.Л. Оксенгендлер<sup>а, б</sup>, С.Х. Сулейманов<sup>а</sup>, М.Х. Ашуров<sup>в</sup>, С.Е. Максимов<sup>г</sup>, А.Ф. Зацепин<sup>б</sup>,  
Н.Н. Тураева<sup>д</sup>, Н.Н. Никифорова<sup>г</sup>, Н.А. Кулагина<sup>а</sup>

<sup>а</sup> *Институт материаловедения АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

<sup>б</sup> *Физико – технологический институт Уральского федерального университета, Екатеринбург, Россия*

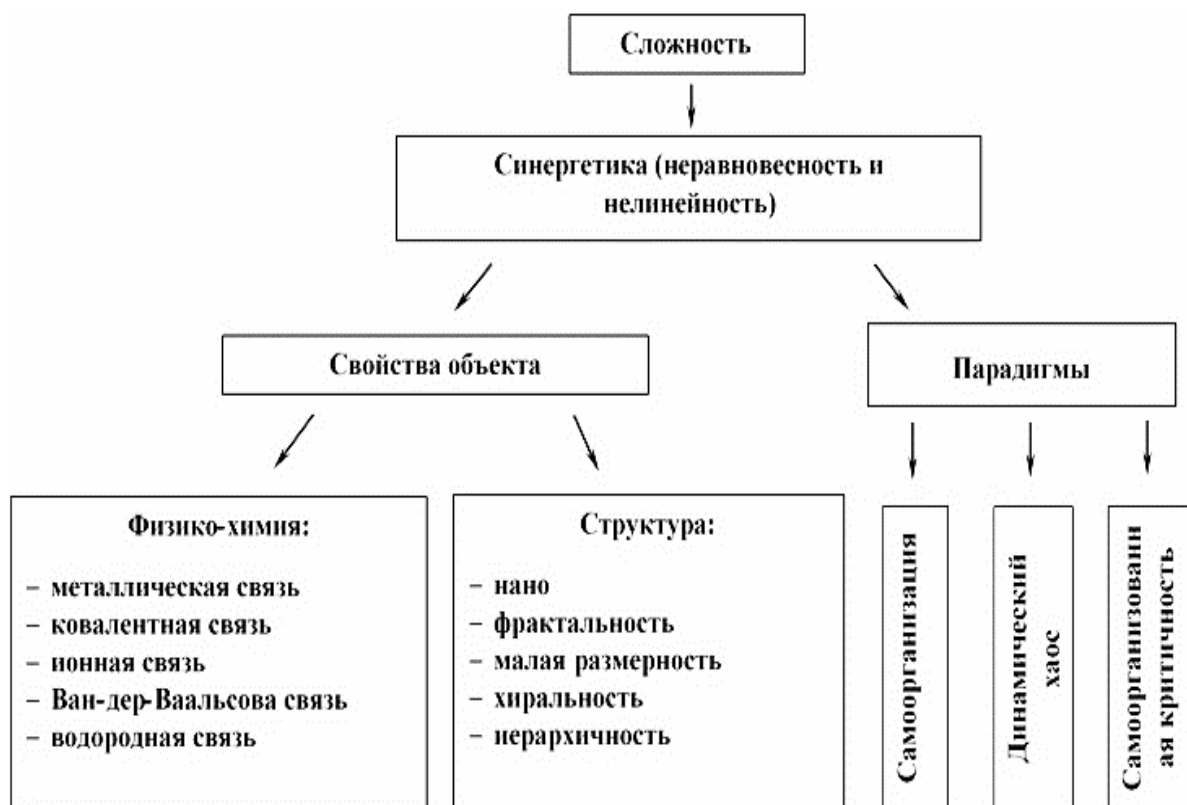
<sup>в</sup> *Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

<sup>г</sup> *Институт ионно-плазменных и лазерных технологий, Ташкент, Узбекистан*

<sup>д</sup> *Department of Biological Sciences, Webster University, Saint Louis, USA*

oksengendlerbl@yandex.ru

Радиационная физика и соответствующие технологии XXI века, комбинирующие как физико-химические так и структурные свойства материалов и объектов с сильной неравновесностью, демонстрируют проявление и трактовку множества необычных нелинейных эффектов (см. Рис. 1). Это особенно проявляется в случае высокоинтенсивного облучения различной природы в условиях радиации широкого энергетического спектра (БСП, синхротрон, сильноточные электронные ускорители, лазеры). Учет пяти различных каналов передачи энергии от радиации к веществу (упругое рассеяние, ионизация, тепловыделение, упругие и ударные волны) делает трудно обозримым число новых необычных комбинации радиационного отклика, изучение которого на современном этапе, однако, оказывается возможным с помощью концепции “COMPLEXITY” (сложность). Среди различных характеристик облучаемых объектов совершенно особую значимость играет иерархичность их структуры, которая принципиально важна для объектов как неживой, так и живой природы. Особенность включения в анализ радиационных эффектов объектов иерархической структуры приводит к новой ситуации – вовлечению идей кибернетики в радиационную физику. При этом возникают вопросы нового типа, касающиеся взаимоотношения радиации и информации, в частности, влияния всего многообразия параметров радиации (энергия, интенсивность, доза) на передачу информации с нижней на более высокие платформы иерархических структур и сжатие ее при этом. Решение этих проблем потребовало как новых теоретических подходов, так и модификацию традиционных схем РФТТ. Этот спектр вопросов получил определенное решение применительно к объектам неживой и живой природы в серии наших публикаций, часть которых приведена ниже [1-5].



**Рисунок 1.** Схема расширенной концепции «Complexity».

1. S.E. Maksimov, V.L. Oksengendler, N.Yu. Turaev // *J. Surf. Invest.* **2013.** V.7. P. 333.
2. М.Х. Ашуров, И.А. Щербаков, Б.Л. Оксенгендлер // Радиационная стойкость лазерных кристаллов: вчера, сегодня, завтра *Abst. Int. Conf. ALT-29 Moscow*, **2022**, с. 137
3. Б.Л. Оксенгендлер, А.Ф. Зацепин, Н.Н. Тураева, С.Х. Сулейманов, Н.Н. Никифорова // *Поверхность. Рентг. синхр. и нейтрон. исследования.* **2022.** № 6. С. 53.
4. V.L. Oksengendler, A.Kh. Ashirmetov, N.N. Turaeva, N.N. Nikiforova, S.X. Suleymanov // *Nucl.Instr. Meth. B.* **2022.** V. 512(4). P. 66.
5. Б.Л. Оксенгендлер, Ф.А. Искандарова, А.Ф. Зацепин, Н.Н. Никифорова, С.Х. Сулейманов, Н.Н. Тураева // *Поверхность. Рентг. синхр. и нейтрон. исследования.* **2023.** № 1. С. 1-13.

# **CARBON NANOSTRUCTURES: FULLERENE, GRAPHENE, CARBON NANOTUBES, GRAPHYNE**

## **REVOLUTIONARY MATERIALS AND DEVICES VIA & FOR SOLAR ENERGY**

Anvar A. Zakhidov

*Physics Department & Nanotech Institute The University of Texas at Dallas*

**Energy is No.1** in the List of 10 top problems of humanity in next 50 years! In this talk, I show that Earth will run soon out of all existing sources of Energy: oil, gas, coal. Only Sun keeps providing endless amount of energy to the Earth every second. The amazing new material has changed the landscape of solar energy: CNT, Graphene, Fullerene and related Carbon nanostructures that can be combined with **Organohalide lead perovskites** have revolutionized the emerging solar cell technology landscape. Lab scale PSC efficiency have reached 26 % (higher than sc-Si-PV).

In simple terms, understandable to scientists in genral, I will explain how new Carbon based materials: CNT, Graphene can be synthesized and used in Alternative energy devices, and why they are creating such an excitement. First I will overview the applications of Fullerene C60 and CNT in PV and solar thermal devices, as we have pioneered in our research group over last 35 years in research in Japan, Italy and USA. I will particularly emphasize the possibilities of concentrated solar energy for synthesis of spinable CNT forests and graphene, which has a great potential to be developed at Big Solar Furnace in Institute of Materials Science in Parkent, Tashkent dstr, Uzbekistan

**СЕКЦИЯ I**  
**«ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.**  
**НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**INTEGRATION OF A BIOMIMETIC TRANSPIRATIONAL  
GENERATOR AND ELECTRODIALYSIS FOR SUSTAINABLE  
DESALINATION: DEVELOPMENT AND PERFORMANCE  
EVALUATION OF A NOVEL ECO-FRIENDLY SYSTEM**

Seung-Hwan Lee<sup>a,b</sup>, Jeungjai Yun<sup>a</sup>, So Hyun Baek<sup>a</sup>, Yongbum Kwon<sup>a</sup>, Yoseb Song<sup>a</sup>, Bum  
Sung Kim<sup>a</sup>, Yong-Ho Choa<sup>b</sup>, Da-Woon Jeong<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> *Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Incheon, Korea*

<sup>b</sup> *Hanyang University, Ansan, Gyeonggi, Korea*

dwjeong@kitech.re.kr

Recently, technology for eco-friendly energy generation has been accelerating in response to environmental issues such as global warming. One of the promising approaches is to generate electricity using infinite moisture. However, previously developed devices have had limitations in terms of their ability to sustain long-term generation and the voltage and current they produce. In this study, we developed a device that can generate high levels of electricity spontaneously over an extended period of time using the transpiration mechanism. Specifically, we designed a generator with a porous column structure to take advantage of its ability to absorb and release large amounts of water. Additionally, fibers inside the generator were aligned in an axial direction to promote strong capillary action and increase current and voltage output. We coated the generator with carbon black ink to increase electrical conductivity and applied calcium chloride to the end of the generator to absorb moisture from the air. The generator had a columnar shape with a diameter of 6.6 mm and a length of 25 mm. Our experiments showed that a single generator can produce approximately 0.25 V and 200 mA of voltage and current, respectively. We also manufactured a module using a 3D printer to generate a voltage of 25 V by connecting 90 generators in 10 modules in series. This module was used as a power source for an electrodialysis desalination system, and our results demonstrated that power generation was stable for over 10,000 seconds after initial water injection into the generator. Moreover, we achieved a salt removal rate of over 90% during the desalination process. In conclusion, our study presents a new approach to eco-friendly energy generation using transpiration generators. Our findings could be a basis for future developments in the field and provide a more sustainable solution for electricity generation.

1. BAE, Jaehyeong, et al. *Energy & Environmental Science*, **2020**, 13.2: 527-534.
2. ZHANG, Zhuhua, et al. *Nature nanotechnology*, **2018**, 13.12: 1109-1119.

3. XUE, Guobin, et al. Nature nanotechnology, **2017**, 12.4: 317-321.

*Acknowledgements:* This work was supported by the Korea Institute of Industrial Technology as Development of biomimetic self-operating transpiration generator and electro dialysis desalination linkage technology for continuous energy circulation (KITECH EM-21-020).

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ CdS**

А.Ф. Ишанкулов<sup>а</sup>, Д.Р. Эргашева<sup>а</sup>, Қ.Ф. Халилов<sup>а</sup>, Ю.Г. Галяметдинов<sup>б</sup>,  
Н.К. Мухамадиев<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Самаркандский государственный университет, г.Самарканд, Узбекистан

<sup>б</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г.Казань, Россия

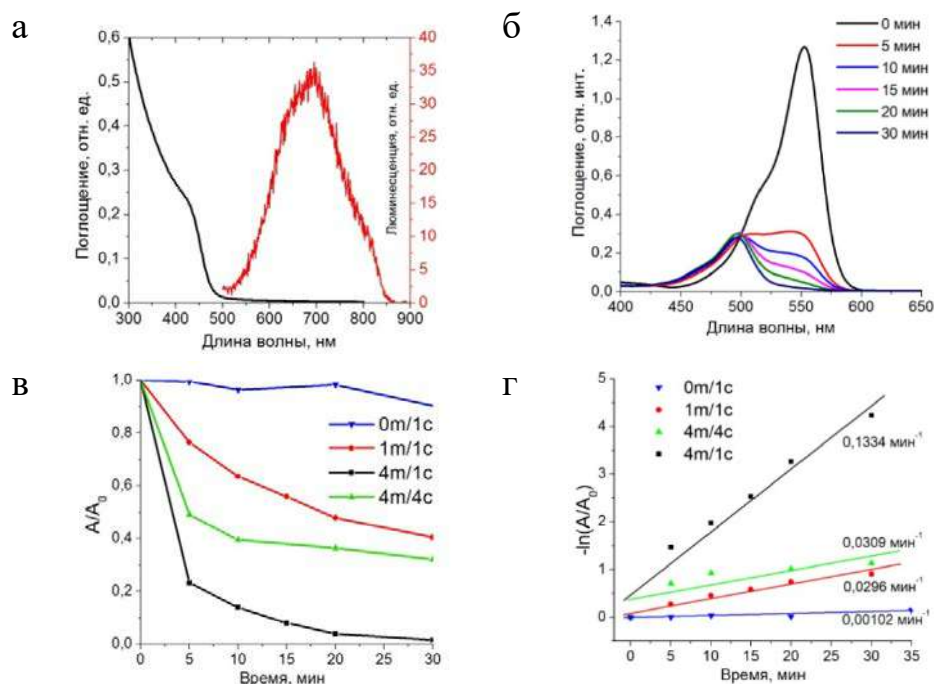
Ishankulov-alisher@mail.ru

Полупроводниковые наноматериалы ввиду своих уникальных размерно-оптических свойств представляют интерес для применения в светоизлучающих и оптоэлектронных устройствах. Также эти наноструктуры могут быть использованы в качестве эффективных фотокатализаторов разложения органических загрязнителей. В этом плане интересны фотокатализаторы на основе сульфида кадмия, что позволяет использовать видимый (солнечный) свет для фотокаталитических реакций.

В рамках данного исследования, нами получены наночастицы CdS, стабилизированные меркаптоуксусной кислотой. Синтез наночастиц проводился в умеренных условиях в водной среде (30 минут, 80°C). Спектры поглощения и люминесценции приведены на рис. 1а. Определенные из спектра поглощения значения среднего размера [1] и ширины запрещенной зоны (методом Тауца) наночастиц составили 4.8 нм и 2.68 эВ, соответственно. Широкий пик люминесценции преимущественно соответствует излучению дефектов поверхности наночастиц CdS.

Фотокаталитические свойства полученных наночастиц CdS изучены на примере разложения Родамина С при облучении ксеноновой лампой мощностью 50 Вт при 25°C. Изменение концентрации красителя в ходе реакции определяли спектрофотометрическим методом (рис. 1б) при различном соотношении с наночастицами CdS (рис. 1в).





**Рисунок 1.** а – оптические спектры наночастиц CdS; б – спектры поглощения смеси 4 мг CdS и  $10^{-4}$  моль/л Родамина С от времени облучения; в – кинетические кривые разложения родамина С при различном соотношении CdS ( $m$  – масса в мг) и красителя ( $c$  – концентрация в  $10^{-4}$  моль/л); график зависимости  $\ln(A/A_0)$  от времени при различном соотношении компонентов, с указанием констант скоростей реакций.

Показано, что в отсутствии наночастиц краситель достаточно устойчив к воздействию света ксеноновой лампы (рис. 1в, синяя линия). В присутствии CdS скорость разложения родамина существенно ускоряется. Увеличение концентрации наночастиц до 4 мг в реакционной смеси приводит почти полному разложению Родамина С в течение 30 мин (рис. 1в, черная линия). Определено, что при увеличении концентрации красителя в 4 раза (рис. 1в, зеленая линия) данное количество наночастиц способно разложить в 2.4 раза больше количества Родамина С в течение первых 10 мин. В дальнейшем реакция сильно замедляется в результате агрегации и выпадению наночастиц из раствора из-за процессов фотокоррозии на поверхности.

Процесс фоторазложения родамина С в изученных условиях идет путем как полного, так и частичного разложения [2]. Частичный распад молекул красителя идет путем их деэтилирования, в результате которого образуется родамин 110 с пиком поглощения на длине волны  $\sim 500$  нм (рис. 1б).

Реакция фоторазложения Родамина С соответствует первому порядку, определенные значения констант скоростей реакций для исследованных систем представлены на рис. 1г.

1. Yu W.W., Qu L., Guo W., Peng X., Experimental determination of the extinction coefficient of CdTe, CdSe, and CdS nanocrystals. Chem. Mater., – 2003. – Т. 15. – №. 14. – С. 2854-2860.

2. Сагдеев Д. О., Шамилов Р. Р., Галяметдинов Ю. Г. Фотокаталитические свойства коллоидных квантовых точек Mn: CdS, стабилизированных меркаптоуксусной кислотой //Журнал прикладной спектроскопии. – 2021. – Т. 88. – №. 3. – С. 419-425.

## **АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ PV SYST АВТОНОМНАЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПАРКОВКИ**

М.Н. Турсунов<sup>а</sup>, Х. Сабиров<sup>а</sup>, У.Р. Холов<sup>а, б</sup>, М.М. Эшматов<sup>а</sup>

<sup>а</sup> *Физико-технический институт Академии Наук Республики Узбекистан,*

<sup>б</sup> *“Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства”  
- Национальный исследовательский университет*

uygunshams@mail.ru

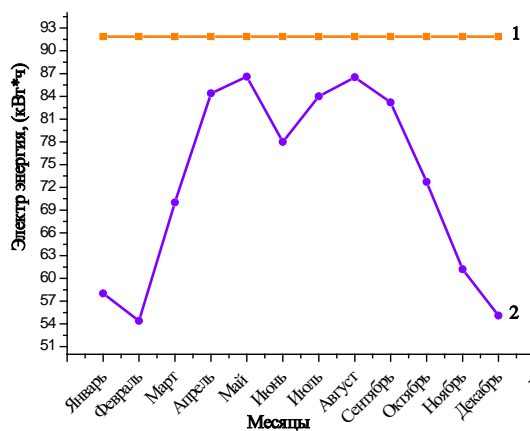
Производительность автономной фотоэлектрической станции (АФЭС) мощностью 2.7 кВт, установленной на парковке, была проанализирована с использованием программы PVsyst. Результаты моделирования показали, что наибольшее значение глобальной горизонтальной плотности потока солнечной радиации приходится на летний сезон и составляет ~214.0 кВт ч/м<sup>2</sup>. В процентном отношении потери энергии распределились так: из-за высокой температуры 6.14%, из-за деградации фотоэлектрических батарей – 2.5%, потери в местах коммутации фотоэлектрических батарей – 2.1%, омические потери в проводах – 1.73%. Результаты моделирования указывают на потери электроэнергии, уменьшение которых приведёт к повышению производительности фотоэлектрической станции.

Прямое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию осуществляется фотоэлектрическими батареями (ФЭБ) или фотоэлектрическими станциями (ФЭС). Другими словами, мощность ФЭБ и ФЭС можно наращивать, соответственно увеличивая число солнечных элементов и ФЭБ [1].

Была разработана и изготовлена система освещения автомобильной парковки. В темное время суток парковку освещают восемь LED ламп общей мощностью 144 Вт и три лампы общей мощностью 150 Вт. Источником электроэнергии служат четыре гелиевых аккумулятора по 200 А ч каждый, соединенных последовательно. В темное время суток инвертор мощностью 3 кВт, преобразуя постоянный ток в переменный ток, питает лампы. Все вспомогательное оборудование установлено в шкафу управления, защищенном от внешних воздействий [2]. АФЭС ориентирована на юг, общий угол наклона составляет 38°. В темное время суток при освещенности 30 лк (вечером), или 120 лк (утром) фотореле автоматически включает или выключает лампы.

Как известно, для обеспечения максимальной выработки электроэнергии нужно установить оптимальный угол наклона ФЭБ. В нашем случае при угле наклона 38° потери с апреля по сентябрь достигают 20%. Зимой с октября по март потери меньше и составляют всего 1.7%. В течение года этот показатель в среднем равен 5%. Поэтому

нужно установить ФЭС под углом наклона 41°. С учетом потерь годовой объем производимой полезной электроэнергии составляет 1252 кВт ч. Результаты моделирования представляет собой ломанную линию (рис. 1).



**Рисунок 1.** Распределение электроэнергии по месяцам:

1 – моделирования PVsyst.; 2 – эксперимент;

Результаты моделирования показали, что наибольшее значение глобальной горизонтальной плотности потока солнечной радиации приходится на летний сезон и составляет  $201.6 \div 227$  кВт ч/м<sup>2</sup>, а из-за неиспользованной электро-энергии суточные и месячные потери составляют 69.3%. Установлено, что подгонка угла наклона ФЭБ для уменьшения потерь энергии относительно угла падения потока солнечной радиации увеличивает производительность. Анализ АФЭС с помощью пакета программ PVsyst позволяет определить все сопутствующие потери, учет и уменьшение которых, приведет к повышению производительности АФЭС.

1. Jaydeep V.R. Performance Evaluation of Grid-Connected Solar Photovoltaic Plant Using PVSYSY Software. *Journal of emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 2015, Vol. 2, pp. 372–378.
2. Турсунов М.Н., Сабиров Х., Холов У.Р., Ахтамов Т.З. “Автономная фотоэлектрическая система круглогодичного гарантийного обеспечения электроэнергией сельских объектов”, *Журнал “Ирригация и Мелиорация”*, 2020, №3(20), с. 82-86.

## **ФОТОЭЛЕКТРИК БАТАРЕЯЛАР ЮЗАСИДАГИ ЧАНГЛАНИШ ДАРАЖАСИНИ ТАҚҚОСЛАШ**

У.Б. Абдиев, Ш.Н. Абилфайзиев, Б.Ж. Саитназаров, Ҳ.М Эшқувватов

Термиз давлат университети, Термиз, Ўзбекистон

abilfayziyev@inbox.ru

Ушбу тадқиқотда ҳимоя шишасининг сирти текис ва текстурали фотоэлектрик батарея (ФЭБ) лар юзасининг чангланиш даражаси таққосланган. Таҷрибада иккита монокристалли ФЭБ лар горизонтал ўрнатилиб, уларнинг электр параметрлари Қуёш

зенит нуқтасида бўлганда кунига бир марта ўлчанган. Тадқиқот натижаларига кўра, ҳимоя юзаси текстура шишали ФЭБ нинг чангланиш даражаси, текис шишали ФЭБ га караганда 5% га ортиқ бўлган.

ФЭБ ни атмосферанинг турли таъсирларидан ҳимоялаш мақсадида унинг олд томонига 3-5 мм қалинликдаги силлиқ ёки текстура юзали шиша бириктирилади [1]. Республикамиз шароитида ФЭБ самарадорлигига салбий таъсир қилувчи иккита муҳим иқлим омили мавжуд бўлиб, улар атроф-муҳитнинг юқори ҳарорати ва юқори даражада атмосферанинг чангланишидир. Бу салбий омилларнинг ФЭБ га таъсири Республиканинг жанубий ҳудудлари, жумладан Сурхондарё вилоятида яққол билинади. Чунки, Сурхондарё вилоятида бошқа жойлардан фарқ қилувчи иқлим шароитлари мавжуд: ҳаво жуда қуруқ, юқори ҳарорат ( $+40^{\circ}\text{C}$  ва ундан юқори), вақти-вақти билан эсадиган афғон шамоли ва чанг. Ҳудуднинг маълум қисми чўл ва атрофи тоғлиқлар билан ўралган. Бундай қурғоқчил иқлим шароитида шамол атмосферадаги чанг миқдорининг кўпайишига сабаб бўлади [2].

Ушбу ишда биз ҳимоя шишасининг қалинлиги 3 мм бўлган текис ва текстурали иккита бир хил 50 W монокристалли ФЭБ га атроф-муҳит чангланиш таъсирини Республика жанубий минтақасида ўргандик ва таққосладик (1- расм).

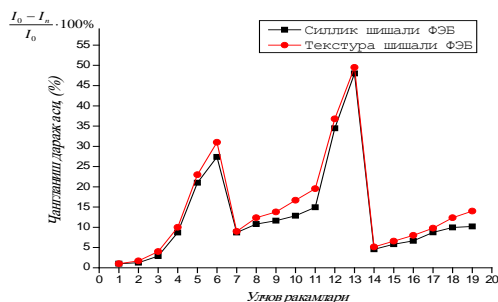


**1-Расм.** ФЭБ ларнинг тажриба бошидаги (а) ва тажриба сўнгидаги (в) кўриниши.

1 – текстура шишали ФЭБ; 2 – текис шишали ФЭБ.

Қуёш радиацияси ва ФЭБ ларнинг қисқа туташув токи ҳар куни, Қуёш қиём нуқтасида бўлганда оптимал бурчак остида (қуёш нурлари ФЭБ сиртига  $90^{\circ}$  бурчак остида йўналадиган қилиб) ўлчанди. Бундай ҳолда, тиниқ осмон остида ФЭБ юзасига тушадиган қуёш нурланишининг қиймати амалда бир бирига яқин бўлганлиги учун ўлчаш хатолиги минимал бўлади.

Чангланиш туфайли қисқа туташув токи ўртача текис сиртли ФЭБ да  $\sim 0.24$  А пасайган бўлса, текстурали ФЭБ да бу кўрсаткич  $\sim 0.53$  А ни ташкил қилган. ФЭБ ларнинг чангланиш даражаси қисқа туташув токининг дастлабки қиймати ва маълум муддатда чангланишидан кейинги қиймати бўйича аниқланади.



**2-Расм.** Текис ва текстура юзали ФЭБ ларнинг чанглиниш даражаси.

2023-йилнинг эрта баҳорида ўтказилган бу тажрибада, ҳимоя шишаси текис ва текистураланган ФЭБ лар сиртидаги чанглиниш даражасининг фарқи кун сайин ортиб бормоқда. Бу айниқса 2-расмнинг 14-20 ўлчовларда тиниқ осмон остида ўлчаш натижаларида яққол билинади.

Ушбу ўтказилган тажрибада, текис юзаси ФЭБ га нисбатан текстура юзали ФЭБ сиртидаги чанглиниш миқдори 5% га юқори бўлди.

1. М.Н. Турсунов, У.Р. Холов, Т. Ахтамов, М. Эшматов, Р. Аликулов. Влияние окружающей среды и структуры поверхности защитных стекол на параметры фотоэлектрических батарей. “Тенденции развития физики конденсированных сред”, Международной научной конференции, Фергана, 25 май, 2021 год. с. 15-157.
2. У.Б. Абдиев, Б.А. Юлдошов, Ш.Н. Абилфайзиев. Фотобатарея юза қатламидаги чанглиниш даражасининг ўрнатилиш бурчагига боғлиқлиги. “Muqobil va qayta tiklanuvchi energetikaning rivojlanish tendensiyalari: muammolar va yechimlar”, Xalqaro-ilmiy texnik anjuman. Toshkent, 17-18- may, 2021 yil. B. 382-388.

## **ЯНГИ ТИПДАГИ КИЧИК ҚУВВАТЛИ КЎЧМА ФОТОИССИҚЛИК ВА ФОТОЭЛЕКТРИК ҚУРИЛМАЛАРНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ**

Р.Б. Аликулов<sup>а</sup>, М.Н. Турсунов<sup>а</sup>, Х. Сабиров<sup>а</sup>, Б. Пиназаров<sup>б</sup>

<sup>а</sup> ЎзР ФА Физика-техника институти, Тошкент, Ўзбекистон

<sup>б</sup> Термиз Давлат университети, Термиз, Ўзбекистон

aliqulovramazon01@gmail.com

Республикамизнинг ўта қуруқ ҳудудларида фотоэлектрик батареялар (ФЭБ)дан самарали фойдаланиш мақсадида янги типдаги кичик қувватли кўчма фотоиссиқлик қурилма (ФИК) яратилди. Бу қурилма 60 W лик ФЭБ да амалга оширилди. Бу тадқиқот ишида иссиқ иқлим шароитида ФЭБнинг орқа юзасига йиғиладиган иссиқликни камайтириш орқали электр самарадорлигини ошириш имкони ўрганилмоқда.

Қайта тикланувчи энергия манбалари қаторига кирадиган қуёш энергетикасига алоҳида катта аҳамият бериш лозимлиги таъкидланмоқда. Қуёш энергиясини электр

энергиясига айлантириб берувчи кремний асосли қуёш элементларидан (КЭ) тузилган қуёш батареяларининг самарадорлиги ҳарорат ортиши билан камайиб кетиш ҳодисасини ўрганиш, атмосфера муҳит ҳарорати 50°C дан ошганда, фотоэлектрик батареялар ФИК 40% гача тушиб кетиши жараёнини таҳлил қилиб, бу ҳодисани олдини олиш имкониятларини ўрганиш мақсадга мувофиқдир [1]. Айниқса атмосфера юқори ҳароратга эга бўлган шароитларда ФЭБнинг самарадорлиги тез пасаяди [2].

Қурилмалар параметрларини ўлчаш ва натижа муҳокамаси. ФЭБ ва ФИБ параметрларини ўлчашлар Тошкент шаҳридаги Физика-техника институти Гелиомайдонида олиб борилди. Янги қурилманинг кўрсаткичларини солиштириш мақсадида кўчма кичик қувватли фотоэлектрик батареялари қуввати тенг ва совитиш тизими бўлмаган қурилма варианты билан бир вақтда синов дан ўтказишни маъқул топдик.



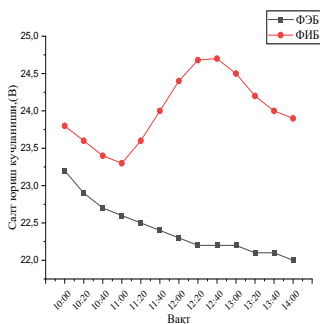
а)



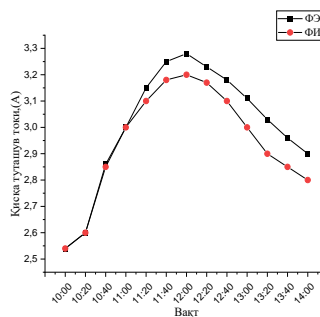
б)

**1-Расм.** Кўчма фотоиссиқлик ва фотоэлектрик қурилмаларнинг кўриниши.

1а)- радиаторли қурилманинг олд томондан кўриниши, 1б)-оддий ФЭБ ли қурилманинг орқа томондан кўриниши, 2а)- оддий ФЭБ ли қурилманинг олд томондан кўриниши, 2б)-радиаторли қурилманинг орқа томондан кўриниши,



**Расм 2.** Салт юриш кучланиши кийматларинг вақт бўйича ўзгариши.



**Расм 3.** ФЭБ ва ФИБ қурилмалар қисқа туташув токининг вақтга боғлиқлиги.

Энергия йўқотишларини олдини олиш ва камайтириш учун Физика-техника институтида илмий изланишлар олиб борилмоқда. Шулардан бири янги ФИБ учун ишлаб чиқилган янги совутиш тизимидир. Бу тизим орқали ўта қуруқ ҳудудларда сув кам бўлган тақдирда ҳам ФЭБ самарадорлигининг ҳароратдан камайиши олдини олиш мумкин ва ФЭБ бериши керак бўлган энергиядан самарали фойдаланиш мумкин. Бу

янги типдаги қурилмалардан республикамизнинг кўплаб ҳудудларида қўлланилиши назарда тутилмоқда.

1. Tursunov M.N., Sabirov X., Xolov U.R., and Eshmatov M., “Investigation of the Parameters of a Photovoltaic Thermal Battery in Extreme Natural Conditions” Applied Solar Energy, Vol. 57, No. 4, pp. 272–277, 2021.
2. Саби́ров Х., Холов У.Р., Умарханов С., Исмоилов Н., Аликулов Р. “Переносной фотоэлектрический источник питания малой мощности” , Xalqaro ilmiy-texnik anjuman: “Muqobil va qayta tiklanuvchi energetikaning rivojlanish tendensiyalari: Muommolari va yechimlari” 17-18 may 2021-yil, 418-bet.

## MODIFICATION OF $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ WITH Mg FOR $\text{Li}^+$ RECOVERY

Sh.A. Begimkulova<sup>a</sup>, A.I. Ivanets<sup>b</sup>, O.N. Ruzimuradov<sup>c</sup>, A.M. Nasimov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Samarkand State University, Samarkand

<sup>b</sup> Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

<sup>c</sup> Turin Polytechnic University in Tashkent, Tashkent

bshahnoza0206@mail.ru

Recently, the constantly increasing lithium consumption for Li-ion batteries has led to a pressing demand for new technologies of lithium recovery, from solid ores and aqueous lithium resources. Especially, the brines have a large storage of Li [1]. However, there are many interfering ions and the concentration of  $\text{Li}^+$  is extreme low in these aqueous resources. Therefore, it is appropriate to extract lithium from salt lakes by an adsorption method with a high ion selectivity.

Compounds derived from manganese oxides with a spinel crystal structure, such as  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Li}_4\text{Mn}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{Li}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$  [2], have been paid increasing attention due to their high adsorption capacity of  $\text{Li}^+$  and excellent ion selectivity. But these adsorbents suffer from considerable dissolution of Mn during the desorption process. Many methods, such as surface-modification and doping, have been used to improve the cycle stability of a typical manganese oxide based adsorbent. Among various strategies, surface-modification has been regarded as the most widespread and valid method to improve cycle performances of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ .

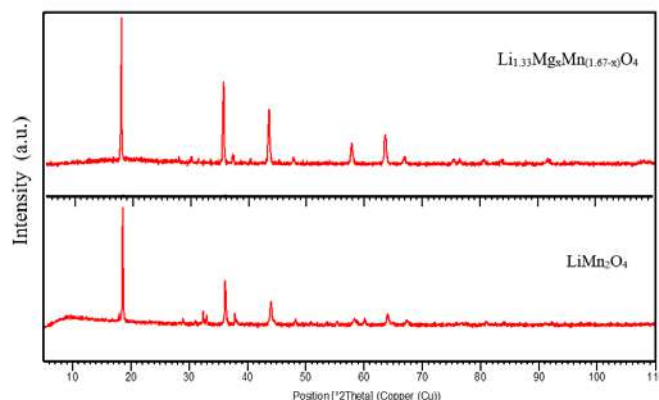
A very effective way for improving the stability is to synthesize manganese-substituted  $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_4$  spinel phase by modification with divalent or trivalent ions ( $\text{M} = \text{Mg}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}, \text{Ti}, \text{Zn}, \text{Cr}, \text{etc.}$ ) [3].

In the present work, modification of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  with Mg were prepared and their characteristics were studied by X-ray diffraction (XRD).

$\text{LiMn}_2\text{O}_4$  spinel structure samples modification with Mg were synthesized by sol-gel method. For the synthesis, aqueous solutions of  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  and  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  were used as precursors, which were mixed in a certain ratio to obtain oxides containing

$\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{(1.67-x)}\text{O}_4$  ( $0 \leq x < 0.8$ ). Then a weighed portion of citric acid was added in the amount of 2 mol per 0.05 mol ( $\text{Mn}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ).

The resulting solution was evaporated at  $80^\circ\text{C}$  until a thick gel was formed, and then dried at  $100^\circ\text{C}$  for 8 h. The resulting powder was then calcined in air at  $800^\circ\text{C}$  in a laboratory furnace.



**Figure 1.** X-ray diffraction patterns of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  spinel and  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{(1.67-x)}\text{O}_4$  spinel.

X-ray diffraction lines of  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{(1.67-x)}\text{O}_4$  sample are shown in Fig. 1. All of them show a pure spinel structure.

The diffraction lines of the delithiated material are almost identical to the previous diffraction lines, only the relative intensity is slightly weaker and the peaks are slightly shifted to higher values. This indicates that lithium extraction proceeds topotactically, maintaining the typical spinel structure.

Thus, the study of the influence of  $\text{Mg}^{2+}$  ions on the texture properties of  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{(1.67-x)}$  ( $0 \leq x < 0.8$ ) spinels showed the complex nature of the relationships obtained.

1. B. Swain, Recovery and recycling of lithium: A review, Sep. Purif. Technol., 172 (2017) 388-403.
2. Q. Wang, X. Du, F. Gao, F. Liu, M. Liu, X. Hao, G. Guan, A. Abudula, A novel  $\text{H}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ /reduced graphene oxide composite film for selective electrochemical capturing lithium ions with low concentration, Sep. Purif. Technol., 226 (2019) 59-67.
3. D. Song, H. Ikuta, T. Uchida, M. Wakihara, The spinel phases  $\text{LiAl}_y\text{Mn}_{2-y}\text{O}_4$  ( $y = 0, 1/12, 1/9, 1/6, 1/3$ ) and  $\text{Li(Al,M)}_{1/6}\text{Mn}_{11/6}\text{O}_4$  ( $M = \text{Cr, Co}$ ) as the cathode for rechargeable lithium batteries, Solid State Ionics 117 (1999) 151–156.

*Acknowledgements:* This research was funded by the “Uzbekistan-Belarus” international scientific project (Grant № IL-432105598).



# РАСЧЁТ ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ НИИ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

О.Ф. Тукфатуллин, Ш.Б. Утамурадова, И.М. Комолов, В.П. Кононеров

*Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники  
при Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека*

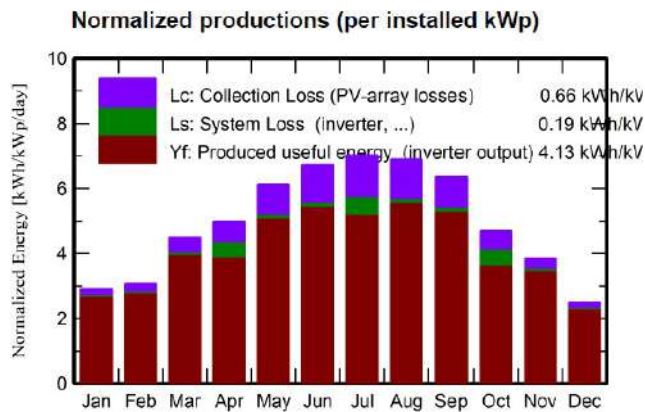
oskar.tukfatullin@gmail.com

Целью данной работы является переоснащение системы электропитания здания НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз им. М. Улугбека (41,35° С.Ш., 69,25° В.Д.) новой системой альтернативного электропитания на основе фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Новая система альтернативного электропитания является солнечной сетевой фотоэлектрической станцией (СФЭС), которая будет обеспечивать электрической энергией различное электрооборудование в здании института.

Согласно проекту реконструкции здания, предусматривается размещение ФЭМ на крыше научно-учебного корпуса с доступной площадью участка 1100 м<sup>2</sup>. Площадь участка, предназначенная под монтаж подсистемы генерирования энергии, позволит разместить ФЭМ суммарной мощностью 40 кВт. В качестве ФЭМ запланировано использование кремниевых монокристаллических модулей Longi Solar LR5-72HPH-550M номинальной мощностью 550 Вт [1] в количестве 72 шт. Установка ФЭМ запланирована под углом 35° с ориентацией фотоактивной поверхности модулей на юг.

При расчётах во внимание принимался ряд потерь ( $L_c$ ), связанных с загрязнением фотоактивной поверхности (2.5%), с деградацией материалов (0.8%), нагревом СИ (учитывается коэффициент тепловых потерь, связанных с тепловым излучением  $U_c = 20.0$  Вт/м<sup>2</sup>·К) и разбросом характеристик (2%) модулей. Кроме того, учитывались омические потери в соединительных проводах между модулями в массивах и между массивами и инвертором напряжения (0,2%), а также потери, связанные с разбросом характеристик массивов ФЭМ соединённых параллельно (0.1%). Потери, связанные с временем простоя при полностью неработающей системе ( $L_s$ ), оценивались на уровне 2% от всего периода генерации полезной энергии.

Нормированная месячная выработка подсистемы генерирования энергии показана на рис. 1, из которой видно, что большую часть потерь при производстве энергии составляют потери энергии на ФЭМ. Наименьшее количество потерь связано с временем простоя СФЭС. Видно, что среднее ежедневное количество энергии, отдаваемое в сеть ( $Y_f$ ), находится в пределах 4.13 кВт ч/кВт/сут в случае использования инвертора напряжения Huawei Technologies SUN2000-40KTL-M3-480V [2].



**Рис. 1.** Нормированная месячная выработка подсистемы генерирования энергии СФЭС

Расчёт объёма выработки энергии СФЭС за год (табл. 1) проводился на основе ежемесячных метеорологических спутниковых данных о погоде и солнечном излучении (СИ) в г. Ташкенте [3].

**Таблица 1.**

Ожидаемый объём выработки электрической энергии за год подсистемой генерации СФЭС НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз им. М. Улугбека

	$H_{glob}$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>	$H_{diff}$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>	$T_{air}$ , °C	$H_{inc}$ , кВт·ч /м <sup>2</sup>	$H_{inc\_loss}$ , кВт·ч /м <sup>2</sup>	$E_{Array}$ , МВт·ч	$E_{Grid}$ , МВт·ч
<b>Год</b>	1579.1	649.86	16.07	1817.7	1741.8	62.481	59.720

$H_{glob}$  — СИ, поступающее на горизонтальную поверхность,  $H_{diff}$  — рассеянное СИ, поступающее на горизонтальную поверхность,  $T_{air}$  — температура окружающей среды (воздуха),  $H_{inc}$  — СИ, поступающее на поверхность ФЭМ,  $H_{inc\_loss}$  — СИ, достигающее поверхности СЭ после учёта всех видов оптических потерь,  $E_{Array}$  — энергия, генерируемая массивами ФЭМ,  $E_{Grid}$  — энергия, отданная в сеть инвертором напряжения.

Таким образом, потенциальный объём выработки электрической энергии за год станции с учётом потерь на загрязнение и изменения угла падения потока СИ, связанного с положением Солнца на небосводе может достигать 60 МВт·ч.

1. LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. (LONGi) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.longi.com> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Huawei Technologies Co., Ltd. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.solar.huawei.com> (дата обращения: 17.03.2023).
3. Meteonorm 8.0 / разработчик: Meteotest AG. – Берн: 2018.

# BO‘YOQLARGA SEZGIR QUYOSH ELELEMENTI SIFATIDA ISHLATILADIGAN $[\text{Fe}(\text{byp})_3]^{2+}$ KOMPLEKSINING BARQARORLIK KONSTANTASINI ANIQLASH

D.T. Toshpulatov, X.Sh. Tashpulatov, A.A. Samiyev, J.M. Xursandov I.A. Mamatov, S.S. Alikulov

*Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti*

dostontoshpulatov7707@gmail.com

Ko‘pchilik kompleks birikmalarning eng muhim xususiyatlardan biri bu barqarorlik konstantalari hisoblanadi. Temir(II) ionlarining 2.2-bipiridin bilan kompleks hosil qilish jarayonlarini o‘rganishda metall ionlarining ligand bilan bog‘lanishning selektivligi va ligandning turli markazlaridan bog‘lanishi to‘g‘risida qimmatli ma‘lumotlarni beradi. Eritmada kompleks hosil bo‘lishini o‘rganish uchun ko‘plab eksperimental usullar ma‘lum. Yutilish spektrlari jarayon davomida olingan bo‘lib, ular faqat oraliq moddalar sifatida mavjud bo‘lsa ham, barcha reaksiyaga kirishuvchi moddalarning molyar yutilish spektrlarini aniqlash mumkin [1, 2].

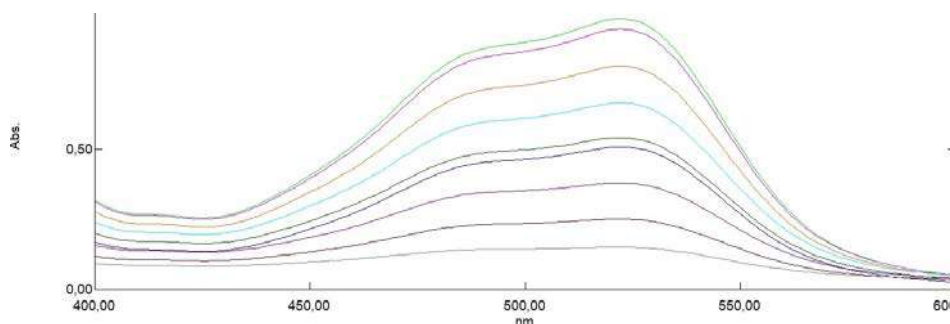
Ushbu ishda biz sintez iqlingan kompleks birikmalarni tadqiq etish uchun elektron yutilish spektroskopiya (UV-vis) usulidan foydalandik.

Bunda dastlab  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  va  $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$  (byp) ning 0.0005M li 250 ml eritmaları alohida qilib tayyorlab olindi. Ertmalardan umumiy hajmi 10 ml bo‘lgan namunalar tayyorlab olindi va ular 1-jadvalda keltirilgan:

**Jadval 1.**

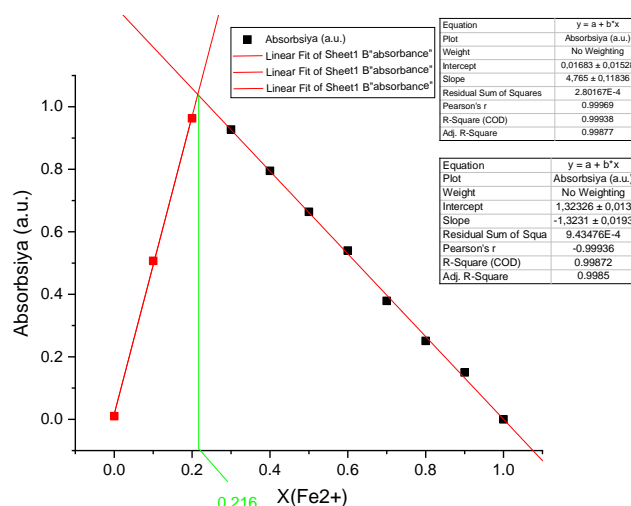
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.0
$\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0

Eritmalar yaxshilab aralashtrilib ma‘lum daqiqadan so‘ng o‘lchash ishlari amalga oshirildi.



**1-Rasm.**  $[\text{Fe}(\text{byp})_3]^{2+}$  elektron yutilish spektrlari

Kompleksning chiziqli tenglamasi izomolyar seriyalar usulida (*Job's method*) aniqlandi va uning grafigi quyida keltirilgan:



$$C_{real} = C_{max} \frac{A_{real}}{A_{max}} = 1.077 \cdot 10^{-4}$$

$$K_f = \frac{1.077 \cdot 10^{-4}}{0.003 \cdot 10^{-4} (0.23 \cdot 10^{-4})^3} = 2.95 \cdot 10^{16}$$

Tadqiqotlar davomida natijalarni bitta to'liq uzunligida natijalar qayd qilib borildi. 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, komplekslar o'rganilgan to'liq uzunligida yutilishlarga ega va har qanday komponent uchun aniq to'liq uzunligi mavjud emas. Shuning uchun komplekslarning hosil bo'lish konstantalarini o'rganishda modelga asoslangan tahlil usuli qo'llanildi. Yuqoridagi hisoblashlardan ko'rinib turibdiki Fe<sup>2+</sup> ionlari 3 ta bipyridin ligandi bilan birikib eng barqaror holga bo'lishi aniqlandi.

1. Diogo Moulin Cabral, Patrick C Howlett, Douglas R MacFarlane. Electrochemistry of the tris(2,2-bipyridine) complex of iron(II) in ionic liquids and aprotic molecular solvents. *Electrochimica Acta* 220, **2016**, 347–353
2. Morteza Bahram, Nader Noroozi Pesyan, Abdolhossein Naseri, Masomeh Tasbihforosh. Determination of stability constants of 5-(2-hydroxybenzylidene)-2-thioxodihydropyrimidine-4,6(1*H*,5*H*)-dione with copper(II) and mercury(II) ions. *Turk J Chem* 35, **2011**, 255 – 264.

## АВТОНОМНАЯ МОБИЛЬНАЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ СЕЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ

Х. Сабилов<sup>а</sup>, Т.З. Ахтамов<sup>а</sup>, Н. Амангелдиев<sup>б</sup>, А. Усманходжаев<sup>б</sup>, С.А. Максудов<sup>б</sup>,  
С. Азимов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Физико-технический институт Академия наук Республики Узбекистан, Ташкент  
<sup>б</sup> Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,  
Ташкент

tohiraxtamov@gmail.com

Применение технологии фотоэлектрического преобразования солнечной энергии в системах электроснабжения в ирригационного комплекса страны являются одним из

наиболее перспективных направление на сельских территориях уменьшает нагрузки на действующие электрические сети. В настоящей работе приводятся результаты физико-технические особенности экспериментальные результаты исследования параметров автономной фотоэлектрической станции мощностью 2200 Вт разработанной и изготовленной на основе 4 фотоэлектрических батарей из монокристаллического кремния с эффективностью 20.89%. Показано, что автономная фотоэлектрическая станция эффективно и надежно обеспечивает электрической энергией систему освещения и подъем воды из дренажной ямы насосной станции.

Автономная фотоэлектрическая система включается параллельно к действующей низковольтной электрической сети, и должен иметь следующие функциональные возможности и параметры. Преобразование солнечной энергии в электрическую в дневное время, аккумуляция энергии, передача энергии в сеть и при различных отключениях в сети – передача аккумуляции энергии потребителям - жителям типовых сельских домов.

В настоящей работе приводятся результаты исследования по изготовлению и использованию автономную фотоэлектрическую систему в условиях, приближенных к сельским регионам республики. Исследования параметров и испытания в естественных условиях солнечного освещения проводились в Гелиополигоне Физико-технического института. Энергию, вырабатываемую автономной фотоэлектрической системой, использовали для подъема воды из колодца, и расходовалась для охлаждения и очистки поверхности гелиотехнических устройств от пыли и загрязнений, орошения сада, расположенного на территории, и испытание эффективности применения различных потребителей электрической энергии от фотоэлектрической станции [1, 2, 3].

Результаты исследований и их обсуждение. Суммарная мощность фотоэлектрических батарей в условиях АМ 1.5 ( $E=1000 \text{ Вт/м}^2$ ,  $t=25^\circ\text{C}$ ) составляет 2200 Вт. В реальных условиях г. Ташкента при  $E= 800-850 \text{ Вт/м}^2$  и  $t=30^\circ\text{C}$  суммарная мощность батарей составляет 2200-2300 Вт.

Водоподъемный насос используется в летнее время года за исключением октябрь-апрель месяцы в течение 2-4 часов. Расходы электрической энергии для питания водоподъемного насоса в день составляет 2-4 кВт. Производительность воды насосом в условиях солнечного освещения  $800-850 \text{ Вт/м}^2$  составляет  $2-4 \text{ м}^3/\text{час}$ . В весенне-осенний сезон года средняя выработка электроэнергии автономной фотоэлектрической станцией составляет 8-10 кВт, что покрывает потребность электроэнергии обеими нагрузками. В зимнее время (ноябрь-февраль), средняя вырабатываемая электрическая энергия на 40-60% меньше и вся энергия расходуется на освещении территории.

Выводы. При разработке и создании автономных фотоэлектрических станций для непосредственного использования в обеспечении электрической энергией и водой сельских объектов в регионах республики появляются дополнительные возможности повышения коэффициента использования электрической мощности. Это достигается

при строгом направлении автономной фотоэлектрической станции на юг, увеличении количества аккумуляторов в 2 раза и более, подключением в течение всего времени суток нагрузок разной мощности.

1. М.Н. Турсунов, Р.А. Муминов, У.Х. Газиев, З.С. Сеттарова, О.Ф. Тукфатуллин, “Научные и технологические аспекты разработки фотоэлектрической установки для работы в условиях жаркого климата”, *Гелиотехника*, №3, стр. 13-17, 2006.
2. М.Н. Турсунов, А.М. Мирзабаев, С. Дадамухамедов, В.П. Канонеров, Э. Абдуллаев, О.Ф. Тукфатуллин, “Фотоэлектрическая установка уличного освещения на основе кремниевых солнечных элементов”, *Гелиотехника*, №1, стр. 26-30, 2009.
3. Т.Т. Рискиев, М.Н. Турсунов, Т. Абдуллаев “Фотоэлектрические станции, интегрированные в действующую сеть электроснабжения” Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2015, №1-2, с. 187-193.

## **BIG SOLAR FURNACE IN PARKENT (UZBEKISTAN): MODERN TECHNOLOGIES FOR STRUCTURAL INTEGRITY MONITORING AND DEVELOPMENT OF PRESERVATION STRATEGIES**

Takhirov Shakhzod Melievich

*Operations, Structures Lab and Center for Smart Infrastructure, Department of Civil and Environmental Engineering, 337 Davis Hall, University of California at Berkeley, USA*

takhirov@berkeley.edu

**Introduction.** This paper is focused on a short review of modern technologies which can be used for structural health monitoring (SHM) of Big Solar Furnace (BSF) in Parkent (Uzbekistan) and the development of its preservation or upgrade strategies. The structural integrity of renewable power stations and their components is a hot topic worldwide. To address this issue, researchers at the University of California, Berkeley (UCB) have been working on the problems related to the preservation of the existing infrastructure and the development of restoration strategies for several decades. All this work has recently resulted in the establishment of the Center for Smart Infrastructure at UCB. The author has participated in a few projects worldwide and a few examples of the work are presented herein. Since BSF structurally represents a large object with multiple components distributed on a large ground area, the examples will be focused on similar objects.

**Vibration-reducing devices.** An example of the reduction of vibrations caused by wind and seismic loadings is described in this section. The 386-megawatt Ivanpah Solar Electric Generating System was designed as a set of three solar concentrating thermal power plants located in the Mojave Desert in San Bernardino County, California, USA [1]. Each plant has a single receiver and heliostat array that varies from 53,500 to 60,000 heliostats. During the construction, one of the main challenges to overcome was to minimize the vibrations of the receivers under high winds and seismic impact, which are common in this region of the USA. This was achieved by the installation of a tuned mass damper (TMD) in

each receiver's tower. During the evaluation process conducted by the Miyamoto International team led by the author, it was shown that the vibrations of the towers are significantly lower when the TMD is engaged.

**Structural health monitoring and modeling of water dams.** The author was involved in two projects that were related to structural stability and SHM of water dams. One of them was conducted in Mexico with the Miyamoto International team and the second project was conducted in the UCB's collaboration with scientists from Uzbekistan and Kyrgyzstan. In the second project, a water dam in Kyrgyzstan was studied. In addition to the SHM instrumentation installed earlier [2], the water dam was studied by means of laser scanning and its numerical model was generated [3]. The dam was instrumented by fiber-optic strain gages, accelerometers, and GNSS position transducers [2]. It was ensured that the static and dynamic structural performance of the numerical model closely matches the actual performance of the dam recorded by instruments installed into the dam. Laser scanning was used for monitoring deformations of the dam's surface. Numerical simulations of the water dam under various loading conditions enabled the stakeholders with a tool that can predict its future performance and address possible problems before they happen.

**Structural monitoring of solar arrays.** Solar arrays are getting bigger, which results in new structural issues and challenges. Hence to ensure their structural integrity and to improve the efficiency of a renewable energy plant, monitoring the structural components of solar panels or heliostats is needed. This can be achieved by utilizing laser scanners [4].

1. <https://www.energy.ca.gov/powerplant/solar-thermal/ivanpah-solar-energy-generating>
2. Marco Pilz, Marius Paul Isken, Kevin Fleming, Sagynbek Orunbaev and Bolot Moldobekov (2021). Long- and Short-Term Monitoring of a Dam in Response to Seasonal Changes and Ground Motion Loading: The Test Case of the Kurpsai Dam, Western Kyrgyz Republic. *Pure Appl. Geophys.* 178 (2021), 4001–4020. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02861-5>.
3. Shakhzod Takhirov, Sagynbek Orunbaev, Elyor Toshmatov, Ravshan Shamansurov, and Zholdoshbek Baiyzbekov (2022). Finite Element Model of Kurpsai Dam in Kyrgyzstan Based on Actual Response Measured by Extensive Network of Various Sensors. *Proceedings of the 8th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2022, 5–9 June 2022, Oslo, Norway.*
4. Shakhzod M. Takhirov (2021). Control of Construction Quality by a Terrestrial Laser Scanner: Example of Steel Frame Building. *HORA-2021, the 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, June 11-13, 2021, Turkey.*

# ENHANCEMENT OF THE GENERATION OF EMF AND CHARGE CARRIERS IN SILICON FILM p-n-STRUCTURES AFTER ACTION OF NEUTRON IRRADIATION

Sh.K. Kuchkanov<sup>a</sup>, B.M. Abdurakhmanov<sup>a</sup>, M.M. Adilov<sup>a</sup>, S.E. Maksimov<sup>a</sup>,  
Sh.A. Makhmudov<sup>b</sup>, Kh.B. Ashurov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Arifov Institute of ion plasma and laser technologies, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

Sher.kurbonov@inbox.ru

The creation of efficient renewable energy sources based on silicon is currently one of the main areas of development in the field of alternative energy worldwide. From the point of view of the processes of converting the thermal component of solar radiation into electricity, as well as heat from various sources, of great interest is the generation process found in silicon and other semiconductors when they are heated, emf and charge carriers, called the thermal voltaic effect (TVE) [1]. Experimental results showed that the TVE value depends on the concentration of defects in the material, and were explained in accordance with [2] by the generation of charge carriers due to the absorption of subband photons with the participation of deep energy levels due to structural defects, as well as the presence of impurities. According to [2], a necessary condition for the manifestation of TVE is the presence of a critical concentration of deep levels of more than  $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . From a practical point of view, it is very important to assess the possibilities of using modern radiation technologies to create relatively inexpensive film heat-to-electricity converters based on various semiconductor materials, including silicon.

Experimental studies of the effect of neutron irradiation on the generation of emf and charge carriers in p-n semiconductor film structures were carried out on standard epitaxial silicon p-n films. Prior to neutron irradiation, the currents and voltages generated by heating these structures in the temperature range of 300–900 K were measured. The investigations were carried out according to the technique similar to [3,4], with macroscopic titanium contacts placed on the free surface of the film and on the back side of the Si substrate, from which heating has been performed. Then, these structures were irradiated with thermal neutrons for 600 s up to a dose of  $4 \times 10^{16}$ . After irradiation, the parameters of these films were measured in the specified temperature range after 38 days.

It has been found that neutron irradiation significantly affects the magnitude of the short-circuit current and voltage arising during heating, as well as the resistance of the structures. Analyzing the obtained results and comparing them with previous studies, the following main features should be noted. Irradiation with neutrons, as well as irradiation with  $\gamma$ -quanta of  $^{60}\text{Co}$  [3,4] and ion surface treatment [5], leads to an increase in the generation of currents during heating. The insignificant generation of currents in epitaxial films before neutron irradiation is apparently due to a certain number of defects associated with the presence of a dopant. Neutron irradiation leads to an increase in the generation of emf in film



structures, which was practically not observed during  $\gamma$ -irradiation and ion treatment. Repeated measurements, as well as those carried out on the same samples 30 days after the first ones, showed that the values of the generated emf and currents practically did not change, while for the samples subjected to  $\gamma$ -irradiation and ion treatment, the values of the current densities after heating in the indicated above the temperature range returned to the original, i.e. thermal annealing of the induced defects took place. The obtained results indicate that intrinsic structure defects are responsible for the generation in semiconductors upon heating not only of charge carriers, but also of emf, i.e. play the main role in the occurrence of the heat and voltage effect in objects of various types; at the same time, specific types of defects leading to the appearance of voltages and currents can, generally speaking, be different. From a practical point of view, the results obtained indicate the promise of using of radiation technologies to create effective converters of the infrared component of solar radiation and heat from various sources into electricity, which are based on silicon and other semiconductor materials.

1. M.S. Saidov. Applied Solar Energy. **2007**. 43. 4. 199-202.
2. M.S. Saidov. Geliotekhnika (Solar Engineering). **1999**. 3. 52-58. (in Russian).
3. B.M. Abdurakhmanov, M.Kh. Ashurov, Kh.B. Ashurov, Sh.K. Kuchkanov, S.E. Maksimov, S.J. Nimatov. Uzbek Journal of Physics. **2014**. 16. 3. 219-224.
4. Sh.K. Kuchkanov, Kh.B. Ashurov, B.M. Abdurakhmanov, M.M. Adilov, S.E. Maksimov, S.Zh. Nimatov. Eighth International Conference on Physical Electronics IPEC-8 September 23-24, 2021 Tashkent, Uzbekistan. Book of abstracts. **2021**. 112-113.
5. Sh.K. Kuchkanov, M.M. Adilov, A.I. Kamardin, S.E. Maksimov, Sh.T. Khojiev, Kh.B. Ashurov. Applied Solar Energy. **2022**. 58. 3. 355–359.

## **ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ СИНТЕЗА В КВАДРУПОЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ЛОВУШКАХ И СФЕРИЧЕСКАЯ КУМУЛЯЦИЯ УДАРНЫХ МАГНИТНЫХ ВОЛН**

А.И. Сомов<sup>а</sup>, В.Б. Свирков<sup>б</sup>, В.В. Раденко<sup>в</sup>, М.В. Долгополов<sup>а, в</sup>

<sup>а</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Российская Федерация

<sup>б</sup> Технологическая платформа «Атомные и субатомные технологии», Самара, Российская Федерация

<sup>в</sup> Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация

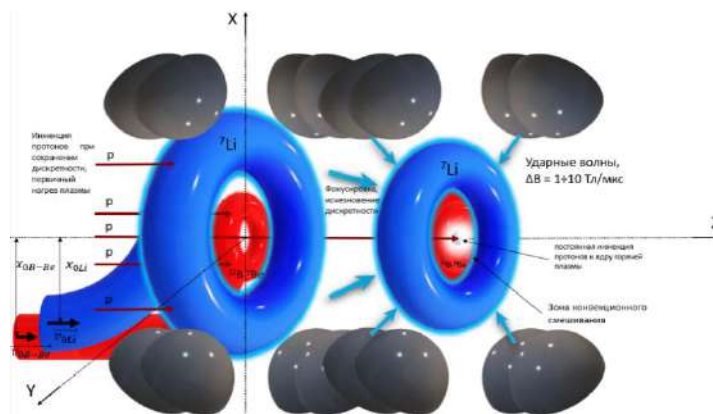
tp-aist@mail.ru

В статье представлен обзор современных моделей решения проблемы управляемого ядерного синтеза, методика и технология получения и формирования электронно-управляемых потоков плазмы и ионов в магнитном поле.

В работах авторов [1, 2] габариты такой установки в опытно-промышленном варианте составляют длину до полутора метров, за счет группирования потоков дискретизацией с достижимой на сегодня для материалов частотой порядка 1 кГц, многопроходовостью в камере синтеза, в ловушках и заданием законов следования для потоков ионов в слоях плазмы в системах магнитных полях с большим градиентом. Задание законов изменения параметров: энергии  $E$ , тока частиц  $I$ , концентрации  $n$ , периода следования  $T_{sl}$  позволяет формировать первичные электронно-управляемые потоки заряженных частиц. Для каждого значения формируемых последовательностей  $n_i$  однозначно определен интервал  $E_1 \dots E_n$  с шагом изменения  $\Delta E$ . Из дискретных последовательностей  $n_{ik}$  формируется множество  $E$  с распределением энергии  $E_1 \dots E_n$  для каждой дискретной последовательности подмножеств. Данное множество  $E$  дискретных последовательностей  $n_{ik}$  задано в области  $V_n$ . Имея различные дискретные последовательности  $n_{ik}$ ,  $n_{ik1} \dots n_{ikn}$  с разбиением  $T_{sl}$  последовательности  $n_i$ , получается совокупность подмножеств  $E(n_{ikn})$  в области  $V_n$ . В таком варианте магнитооптический формирователь-накопитель предназначен для формирования линейных потоков плазмы требуемой концентрации и периода следования. Для формируемой развертки  $E(n_{ikn})$  задается квадратурная развертка по осям  $X, Y$ . Изменение напряженности магнитного поля  $V_x, V_y$  по заданному функциональному закону обеспечивает требуемую развертку для  $E(n_{ikn})$ . Изменение напряженности магнитного поля  $V_x, V_y$  с шагом  $\Delta V$  формирует последовательность  $V_{x1} \dots V_{xn}, V_{y1} \dots V_{yn}$ , так что имеет место совокупность  $E(n_{ikn}), V_{xn}, V_{yn}$ . То есть для отдельной дискретной последовательности определены конкретные значения  $V_x, V_y$ . Совмещенная магнитооптическая и электростатическая развертки предназначены для генерации требуемой специальной формы и объёмных отклонений плазменного потока на выходе. Для формируемой развертки  $E(n_{ikn})$  также задается квадратурная развертка по осям  $X, Y$  в скрещенных электрических и магнитных полях.

Представленная на рисунке схема представляет собой распределение плотности ионов плазмы на выходе из квадрупольной линзы [3]. Две различные конфигурации плазмы могут быть вложены друг в друга, что позволяет не только увеличить частоту реакций, но и запустить термоядерный синтез без постоянного применения мощного магнитного поля, что достигается также за счёт вклада магнитного поля вращающейся плазмы [4].

Ударная волна вызывает быстрый прогрев области конвекционного смешивания, запуская процесс постоянного обмена энергией между нагретой смесью  $^{11}\text{B}-^9\text{Be}$  и литиевой оболочкой и, проходя сквозь слой  $^{11}\text{B}-^9\text{Be}$ , достигает геометрического центра магнитной ловушки, где будет поддерживаться небольшая сферическая полость, необходимая для осуществления неограниченной сферической кумуляции на полости [5]. Это приводит к стремительному возрастанию температуры и давления в области схлопывания пузырька, и делает возможным возрастание температуры до  $10^8\text{K}$ , что допускает запуск реакций термоядерного синтеза.



1. Патент RU 2 757 666 C1 МПК H05H 1/54 (2006.01) СПК H05H 1/54 (2021.08) Заявка: 2021105186, 01.03.2021.
2. Radenko V.V., Svirkov V.B., Dolgoplov M.V. etc. Electronically Controlled Plasma Power Devices for Sustainable and Environmentally Friendly Electric Energy Technologies. Advances in Engineering Research 2022. 210. P. 197-205.
3. Безродный Ю.Г., Бомко В. А., Динамика частиц в линейном ускорителе многозарядных ионов. 1988.
4. [4] Изучение вращающейся плазмы / Г.Я. Умаров, Н. Суяров, Б.Е. Баклицкий // Докл. АН УзССР. – 1967. – № 12. – С. 19–21.
5. Забабахин Е. И., Забабахин И. Е. Явления неограниченной кумуляции. М.: Наука, 1988.

## **CFD-АНАЛИЗ СОЛНЕЧНОЙ СУШИЛКИ ДЛЯ ФРУКТОВ**

Д.У. Турапова, Х.С. Ахмадов

*Физико-технический институт АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

turoпова.dilobar@gmail.com

Многие ученые мира, в том числе Узбекистана проводят научные исследования, направленные совершенствованию методов и устройства для сушки фруктов и овощей с использованием солнечной энергии. Хотя сушка на солнце является самым дешевым методом хранения для фермеров, они сталкиваются с серьезными техническими проблемами, связанные с их сезонными характеристиками [1-7]. В данной работе представлены результаты расчетных исследований по CFD анализу солнечной сушильной установки.

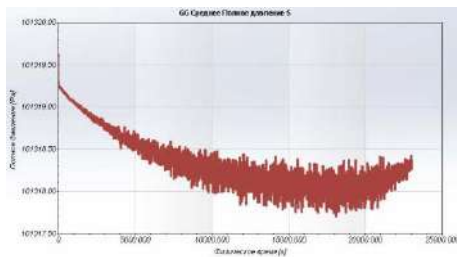
3D-моделирование выполнено с использованием версии Solidworks 2020 (Flow simulation). Экспериментальные данные были сопоставлены с данной численной моделью.

Источник тепла в основном состоит из энергии солнечного излучения, поступающей в вычислительную зону через прозрачный поликарбонатный материал. Излученное тепло дано в (1).

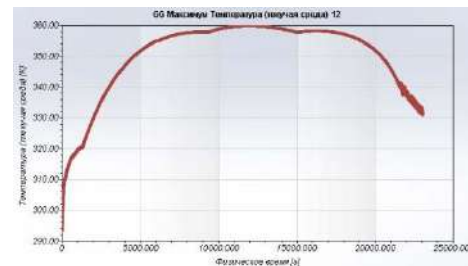
$$\nabla \cdot (I(\vec{r}, \vec{s})\vec{s}) + (\alpha + \sigma_s)I(\vec{r}, \vec{s}) = \alpha n^2 \frac{\alpha T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(\vec{r}, \vec{s}')\Phi(\vec{s}, \vec{s}')d\Omega' \quad (1)$$

где  $\vec{r}$  — вектор положения,  $\vec{s}$  — вектор направления,  $\vec{s}'$  — вектор направления рассеяния,  $\alpha$  — коэффициент поглощения,  $n$  — показатель преломления,  $\sigma_s$  — коэффициент рассеяния,  $\sigma$  — постоянная Стивенса–Больцмана ( $\sigma = 5.672 \times 10^{-8}$  Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-4</sup>),  $I$  — интенсивность излучения (Вт·м<sup>-2</sup>),  $\Phi$  — фазовая функция,  $\Omega'$  — телесный угол излучения.

Результаты, полученные в модели солнечной сушилки для фруктов, были получены в течение 24 часов и основаны на следующих граничных условиях (температура наружного воздуха 293.15 К, нормальные условия). В течение суток среднее давление изменяется на 2 Па, но может изменяться до 25 Па в определенное время суток.

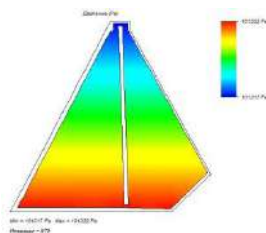


**Рисунок 1.** Изменение среднего давления в течение дня внутри гелиосушилки для фруктов

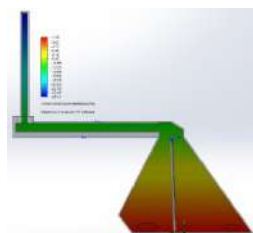


**Рисунок 2.** Изменение температура в течение дня внутри гелиосушилки для фруктов

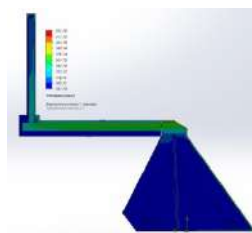
В течение дня изменение температуры в гелиосушилке увеличивается с 293.15 К до 360 К и снижается до 330 К в вечернее время. Ежедневные изменения радиации интерполируются и динамически изменяются во времени. Установлено, что все остальные теплофизические параметры также изменяются во времени. Solidworks 2020 решает задачу численно. На основе результатов, полученных в этой модели, она позволяет сравнивать экспериментально полученные результаты. На втором рисунке показано изменение температуры во времени в течение дня. Здесь мы видим, что есть точки, где температура повышается. При этой температуре можно учитывать влияние на процесс сушки.



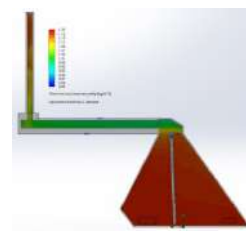
**Рисунок 3.** Изменение среднего давления в течение дня внутри гелиосушилки для фруктов



**Рисунок 4.** Относительное давление в течение дня внутри гелиосушилки для фруктов



**Рисунок 5.** Изменение температура в течение дня внутри гелиосушилки для фруктов



**Рисунок 6.** Представлено изменение плотности воздуха внутри гелиосушилки

На рис. 5 показан боковой разрез гелиосушилки. Можно наблюдать точки с более высокой температурой на всей поверхности и в объеме. На рис. 6 показана зависимость плотности воздуха внутри гелиосушилки от времени от температуры. Мы видим, что плотность будет высокой в воздухонагревателе и дымоходе. В этом процессе хорошо работает конвекция воздуха и создаются хорошие условия для сушки фруктов и овощей.

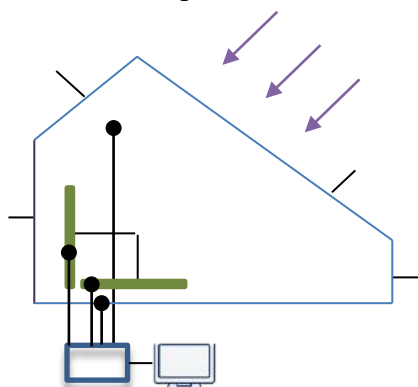
1. IRENA and IEA-ETSAP. Technology Brief 4: Thermal Storage. Technical Report January, **2013**
2. Nathan S Lewis and Daniel G Nocera. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. PNAS, 104 (42):15729–15735, **2007**.
3. Xing Li, Xin Li, Jasurjon S. Akhatov, Feasibility and Performance Study of Solar Combined Heat and Power System with Absorption Heat Pump in Uzbekistan. Applied Solar Energy volume 56, pages. 498–507 (**2020**).
4. Akinola A. Adeniyi, Abubakar Mohammed, Kehinde Aladeniyi, Analysis of a Solar Dryer Box with Ray Tracing CFD Technique, International Journal of Scientific And Engineering Research Volume 3, Issue 10, October-**2012**.
5. Afdhal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz, Joko Harianto, Rahmat Iman Mainil, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, Volume 66, Issue 2 (**2020**) 136-144.
6. Akwasi Ayensu., Dehydration OF Food Crops Using A Solar Dryer With Convective Heat Flow., Solar Energy Allrights Vol. reserved. 59, Nos. 4-6, pp. in 121-126, **1997**.
7. V. Belessiotis, E. Delyannis., Solar drying., Solar Energy 85 (**2011**) 1665–1691.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОЙ СУШИЛКИ С ТЕПЛОВЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ИЗ ФПМ

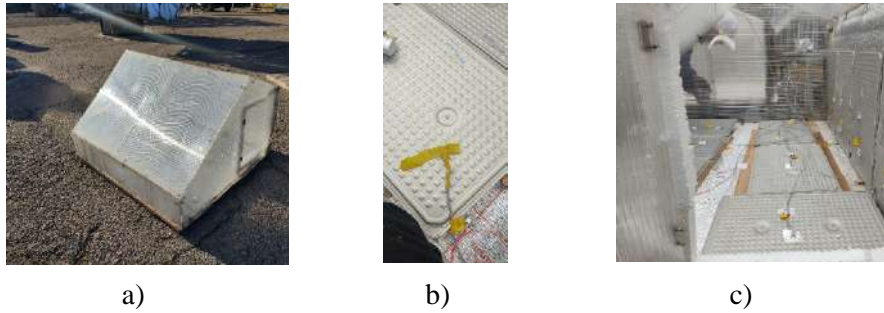
Э.Т. Жураев

*Физико-технический институт АН РУз*

Эффективное использование энергии в аграрном секторе представляет собой важное условие для обеспечения устойчивого производства, благодаря экономической выгоде, сохранению природных ресурсов и уменьшению вредных выбросов [1]. Тем не менее, использование энергетических ресурсов в сельском хозяйстве никогда не занимало важное место в приоритетах, и лишь недавно этот параметр получил значительный рост с учетом развития сельскохозяйственных технологий [2]. Солнечные теплицы представляют собой распространенную форму использования солнечной энергии, которая за последние годы быстро развивается и позволяет производить свежие овощи и фрукты круглый год и сушит в любой части мира. Важно отметить, что эффективность производства сельскохозяйственных культур в теплицах существенно зависит от тепловых характеристик этих объектов и эффективности использования солнечной энергии. Интеграция тепловых аккумуляторов солнечной энергии в теплицы приводит к снижению энергопотребления в системе. Существует классификация тепловых аккумуляторов на основе свойств материалов, которые помогают накапливать тепло [3]. Рассматриваемых нами теплиц для проведения экспериментов был выбран ФПМ марки RT-24 производителя RubiTherm (Рис. 2). В целях изучения тепловых характеристик, а также определения эффективных режимов работы рассматриваемой теплицы была разработана расчетная модель, на основе теплового баланса [5]. Принципиальная схема солнечной теплицы приведена на Рис. 1.

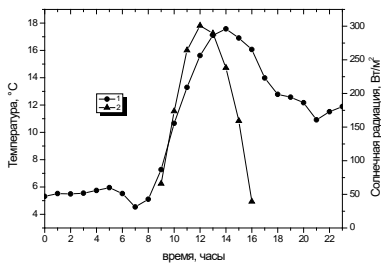


**Рисунок 1.** Принципиальная схема солнечной теплицы. 1-светопрозрачное ограждение (поликарбонат); 2-южная бетонная стена; 3-Фазопереходные материалы на основе парафина RT-24; 4-Блок управление (платформа Arduino); 5- компьютер; • - датчики температуры

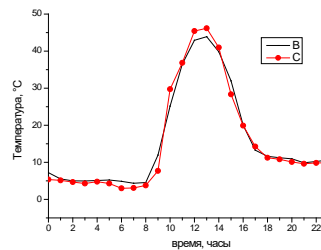


**Рисунок 2.** Физическая модель солнечной теплицы: а – экспериментальный объект, б - размещение температурных датчиков для разных мест экспериментальных объектов; с- размещение фазопереходных материалов

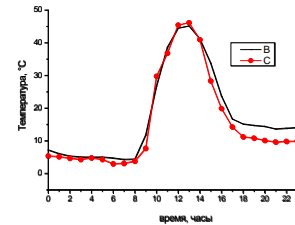
Для совместного решения уравнений, приведенные в работе [5] (1)-(16) уравнений были использованы численные методы, т.е. явная разностная схема.



**Рисунок 3.** Дневное изменение температуры окружающей среды и падающая суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность (14.01.2022г.)



**Рисунок 4.** Сопоставление расчетных (В) и экспериментальных данных температуры внутреннего воздуха теплицы без аккумулятора теплоты



**Рисунок 5.** Сопоставление расчетных (В) и экспериментальных данных температуры внутреннего воздуха теплицы с ФПМ

Сопоставление результаты расчетов (рис. 3, 4, 5) показывают, что среднеквадратическая погрешность (RMSE) составляет  $2.1^{\circ}\text{C}$  а коэффициент корреляции  $R^2=0.978$ . Как показывают расчеты удельное теплопотребление теплицы без аккумулятора теплоты для ноябрь-март месяцев равно  $352.71 \text{ кВт ч/м}^2$  для теплицы с ФПМ равно  $291.94 \text{ кВт ч/м}^2$  что 17.23% ниже.

1. V.P. Chaudhary, B. Gangwar, D.K. Pandey, K.S. Gangwar. Energy auditing of diversified rice-wheat cropping systems in Indo-gangetic plains. Energy. Volume 34, Issue 9, September 2009, Pages 1091-1096.
2. Ashkan Nabavi-Pelesaraei, Reza Abdi, Shahin Rafiee, Hassan Ghasemi Mobtaker. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. Journal of Cleaner Production xxx (2013) 1-7.
3. M. Savytskyi, V. Danishevskyy, M. Bordun. Accumulation of solar energy to heat greenhouses. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 985 (2020) 012013.

doi:10.1088/1757-899X/985/1/012013

4. Salah Bezari, Sidi M.E.A. Bekkouche, Ahmed Benchatti. Investigation and Improvement for a Solar Greenhouse Using Sensible Heat Storage Material. FME Transactions, 2021, 49(1):154-162
5. Э.Т. Жураев, Ж.С.Ахатов, А.С.Халимов, Т.Д. Жураев. Тепловые характеристики гелиотеплицы с тепловыми аккумуляторами на основе фазопереходных материалов. Гелиотехника, 2022, Том 58, № 1, с. 52-59.

## MWCNT АСОСИДАГИ НАНОСУЮҚЛИКЛАРНИНГ БАРҚАРОРЛИГИГА СИРТ ФАОЛ МОДДАЛАР ТАЪСИРИ

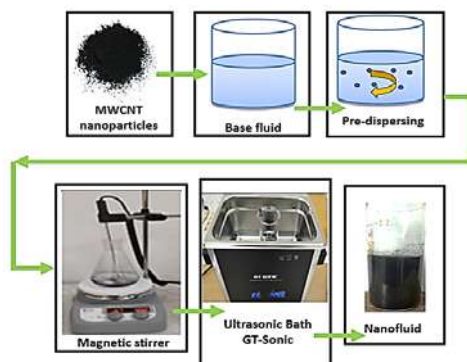
Д. Жалилов

*ЎзР ФА Физика-техника институти*

dilshod\_jalilov@list.ru

Наносуюқликларни иссиқлик ташувчиси сифатида ишлатиш тизими иссиқлик тизимларнинг, яъни куёш иссиқлик коллекторларининг иссиқлик кўрсаткичларини оширади. Наносуюқликлар дистилланган сув, этилен гликоль ва мой каби асосий суюқликларда 1-100 нм [1] ўлчамдаги нанозаррачаларни аралаштиришдан ҳосил бўлган суспензиядир.

Наносуюқликларни тайёрлашнинг бир неча усуллари мавжуд, масалан, кенг қўлланиладиган “бир босқичли” (“One Step”) ҳамда “икки босқичли” (“Two step”) усуллардир. Тадқиқотни амалга ошириш учун “икки босқичли усул” ёрдамида MWCNT асосидаги наносуюқликлар тайёрланган 1-расм.

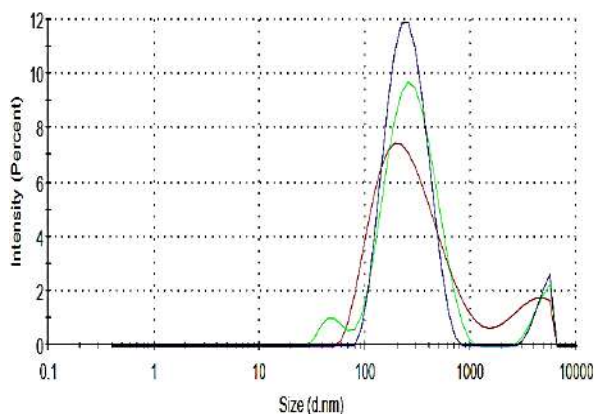


**Расм 1.** Наносуюқликларни тайёрлаш алгоритми.

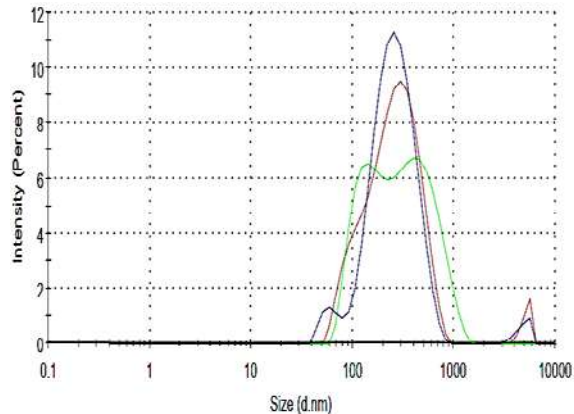
Чўкиш жараёни наносуюқликлардаги нанозаррачаларнинг барқарорлик тезлигини кўрсатиши мумкин бўлган асосий таъсирлардан биридир. Сирт фаол моддалар наносуюқликда барқарорлаштирувчи моддалар сифатида ишлатилади ва наносуюқликда нанозаррачаларнинг чўкиш жараёнини секинлаштиради [2]. MWCNT (0.03%) нанозаррачалар асосида тайёрланган наносуюқликларда ҳосил бўладиган седиментация жараёнини камайтириш мақсадида (SDS)- Sodium dodecyl sulfate сирт фаол (0.03%) моддадан фойдаланилган.



Тайёрланган наносуюқлик таркибидаги нанозаррачаларни диспер ҳолатда тақсимотини аниқлаш учун Zetasizer Nano-S90 ўлчов қурилмасидан фойдаланилган. Шунингдек сирт фаол моддала қўшилган ҳамда қўшилмаган ҳолатдаги ўлчов натижалари 2-а, б. расмда келтирилган.



а) MWCNT( 0,03%)нанозаррачалари асосидаги наносуюқлик таркибидаги нанозаррачалар ўлчамини ёруғлтк интенсивлигига боғлиқлиги.



б) MWCNT(0,03%)+SDS(0,03%) нанозаррачалари асосидаги наносуюқлик таркибидаги нанозаррачалар ўлчамини ёруғлтк интенсивлигига боғлиқлиги.

**2-Расм** а-MWCNT асосидаги наносуюқлик, б- MWCNT(0.03%)+SDS(0.03%) асосидаги наносуюқлик.



**3-Расм** MWCNT(0.03%) ва MWCNT(0.03%)+SDS(0.03%) нанозаррачалари асосидаги наносуюқликнинг седиментация визуал кўриниши.

Тайёрланган MWCNT(0.03%) ва MWCNT(0.03%)+SDS(0.03%) наносуюқлик таркибидаги нанозаррачалари диспер ҳолатда тақсимотини аниқлаш учун Zetasizer Nano-S90 ўлчов қурилмасидан фойдаланилганда MWCNT(0.03%) таркибидаги нанозаррачаларининг 87.4% улиши 312.3 нм ва MWCNT(0.03%)+SDS(0.03%) таркибидаги нанозаррачаларининг 92.4% улиши 277.7 нм эканлиги аниқланди. Бу эса сирт фаол моддалар наносуюқликда барқарорлаштирувчи модда сифатида ишлатилганда наносуюқлик нанозаррачаларнинг чўкиш жараёнини секинлаштиради.

1. K. Henderson, Y. G. Park, L. Liu, and A. M. Jacobi, “Flow-boiling heat transfer of R-134a-

based nanofluids in a horizontal tube,” *Int. J. Heat Mass Transf.*, 2010, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2009.11.026.

2. J. Huang, X. Wang, Q. Long, X. Wen, Y. Zhou, and L. Li, “Influence of pH on the stability characteristics of nanofluids”, 2009. doi: 10.1109/SOPO.2009.5230102.

## CFD-АНАЛИЗ БЛОКА СВЕТОВОГО ПРОЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Ж.С. Ахатов, Х.С. Ахмадов

*Физико-технический институт АН РУз., Узбекистан*

xushdil.ahmadov@gmail.com

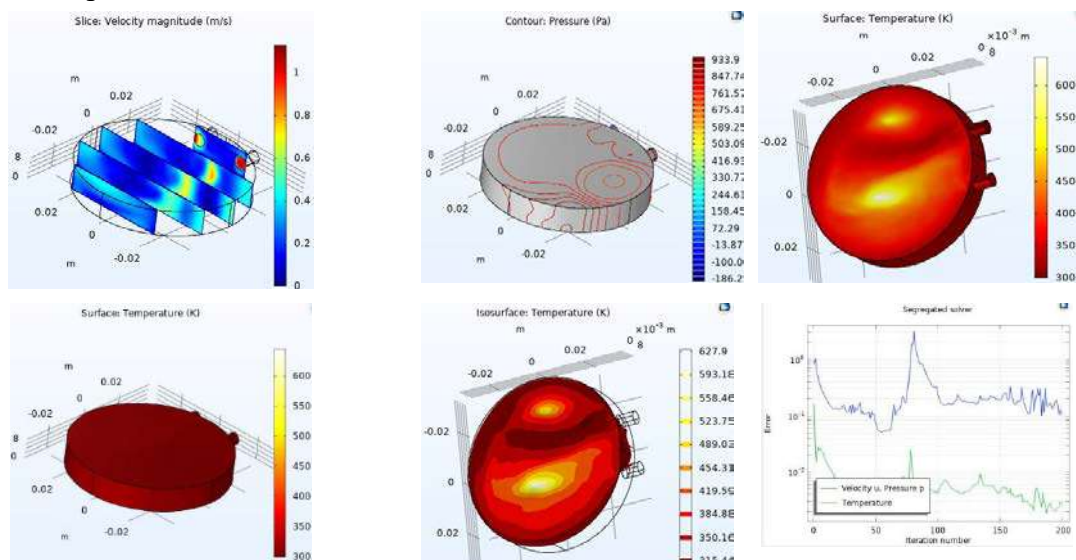
Разработаны экспериментальные образцы реакторов в различных странах как Китай, Япония, Швейцария, во Франции и в Узбекистане, по циклу термического разложения воды с помощью солнечного концентратора, также достигнуты определенные результаты [1-6]. В настоящее время разрабатывается концепция системы охлаждения солнечного термохимического реактора. В данной работе проанализированы некоторые результаты, полученные в программе COMSOL Multiphysics для блока светового проема солнечного термохимического реактора. Задачей блока светового проема является усовершенствование конструкции охлаждающего устройства для реактора, где имеется возможность контролирования температуры и охлаждения светопропускающего блока светового проема реактора, не допуская её перегрева с уменьшением конвективных теплопотерь (рис. 1.).



**Рисунок 1.** Общий вид блока светового проема солнечного термохимического реактора

Поставленная задача решается тем, что в предлагаемом блоке светового проема в светоприёмной части блока реактора устанавливаются два светопропускающих стекла, где для недопущения её перегрева от солнечного излучения внесена система охлаждения водой между ними, где также снижаются конвективные теплопотери, и обеспечивается стабильность прохождения реакции в реакторе. В программе COMSOL Multiphysics была разработана 3D-модель для блока светового проема, а также получены результаты, приведенные на рис. 2. Граничные условия:  $u = 1.0$  м/с, скорость

$q=1000 \text{ Вт/м}^2$ ,  $C=300$ ,  $T_0=25^\circ\text{C}$ . На рис. 2, а – изменение скорости жидкости; б – изменение давления воды; с – градиент изменения температуры (светлая сторона блока светового проема); д – градиент изменения температуры (обратная сторона блока светового проема); е – изотермические контуры; ф – номера итераций и относительная погрешность расчета.



**Рисунок 2.** Теплофизический процесс, происходящий внутри блока светового проема солнечного термохимического реактора.

Для достижения нужного значения температуры необходима, контролировать скорости потока воды через светопроем данного образца реактора в пределах  $u=1.0 \text{ м/с}$ . При охлаждении металла и светопропускающего стекла температура достигает до  $600 \text{ К}$ , разница давлений существенно изменяется  $\Delta P=1 \text{ кПа}$ . В данном случае среднее объемное давление равно  $700 \text{ Па}$ . Полупрозрачное стекло выдерживает такое давление, учитывая параметры пропускающего стекла, температура достаточная. Это также может быть решением для вышеуказанных граничных условий.

1. E. Koepf, I. Alxneit, C. Wieckert, A. Meier. A review of high temperature solar driven reactor technology: 25 years of experience in research and development at the Paul Scherrer Institute. *Applied Energy* 188 (2017) 620–651
2. Robert C. Pullar, Rui M. Novais, Ana P.F. Caetano, Maria Alexandra Barreiros, Stéphane Abanades and Fernando A. Costa Oliveira. A Review of Solar Thermochemical  $\text{CO}_2$  Splitting Using Ceria-Based Ceramics with Designed Morphologies and Microstructures. *Front. Chem.*, 04 September 2019. Sec. Chemical and Process Engineering Volume 7 – 2019. doi.org/10.3389/fchem.2019.00601.
3. Selvan Bellan, Tatsuya Kodama, Hyun Seok Cho, and Jin-Soo Kim. Hydrogen production by solar fluidized bed reactor using ceria: Euler-Lagrange modelling of gas-solid flow to optimize the internally circulating fluidized bed. *Journal of Thermal Science and Technology*, Vol.17, No.2 (2022).
4. Xing Li, Xin Li and Jasurjon S. Akhatov. Feasibility and Performance Study of Solar Combined Heat and Power System with Absorption Heat Pump in Uzbekistan. *Applied Solar Energy* volume 56, pages. 498–507 (2020).
5. Shaomeng Dai, Zheshao Chang, Chun Chang, Jasurjon S. Akhatov, XinLi. Numerical

study on the directly-irradiated vortex reactor for solar CO<sub>2</sub> coal gasification. Solar Energy. Volume 188, August 2019, Pages 573-585.

6. Jasurjon S. Akhatov, Khushdil S. Ahmadov. Extraction of hydrogen from water using CeO<sub>2</sub> in a solar reactor using a concentrated flux of solar radiation. Applied Solar Energy, 2022, Vol. 58, No. 6, pp. 889–894.

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И ПОГЛОЩЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Ж.С. Ахатов<sup>а</sup>, Х.Ф. Сайфиева<sup>б</sup>, Ж.Ш. Турдиев<sup>а</sup>

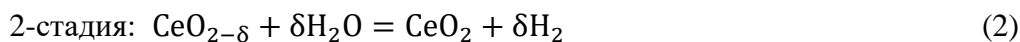
<sup>а</sup> *Физико-технический институт АН РУз*

<sup>б</sup> *Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан*

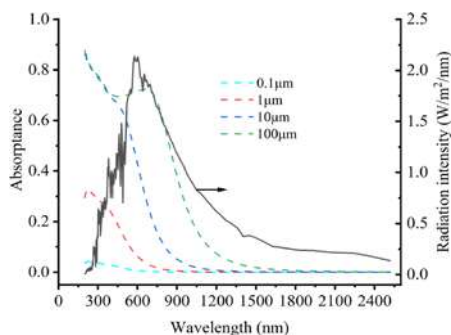
В целях прогнозирования выхода H<sub>2</sub> на основе процесса восстановления CeO<sub>2</sub> анализируются характеристики процессов нестационарной теплопередачи и поглощения солнечного излучения. На ряду многочисленных материалов, диоксид церия (CeO<sub>2</sub>) имеет хорошие нестехиометрические свойства и высокой скорости расщепления воды [1-10]. Двухступенчатый солнечный термохимический метод разделение воды с применением CeO<sub>2</sub> описывается следующим образом:



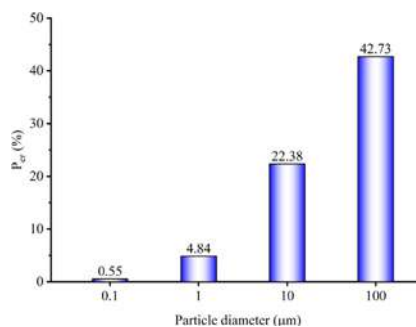
где происходит процесс эндотермического восстановления CeO<sub>2</sub> и выделения O<sub>2</sub> за счет энергии солнечного излучения.



процесс повторного окисления CeO<sub>2-δ</sub>, где кислород воды забирается CeO<sub>2-δ</sub> с образованием H<sub>2</sub>. В данной работе анализируются процессы лучепоглощения и производства водорода в реакторе, в котором используются частицы оксида церия. Изучены характеристики процессов нестационарной теплопередачи и поглощения солнечного излучения при восстановлении CeO<sub>2</sub>, для прогноза выхода водорода в солнечном термохимическом цикле. В модели учитываются эффекты размера частиц, поглощения, интенсивности облучения, скорости химической реакции и соотношения концентраций. Необходимая энергия для восстановления СТЦ обеспечивается за счет солнечной энергии. Поглощающая способность частицы CeO<sub>2</sub> определяется с использованием метода теории плотности. Интенсивность солнечного излучения, а также коэффициент поглощения CeO<sub>2</sub> диаметром 0.1; 1.0; 10 и 100 мкм проанализированы и показаны на рис. 1.



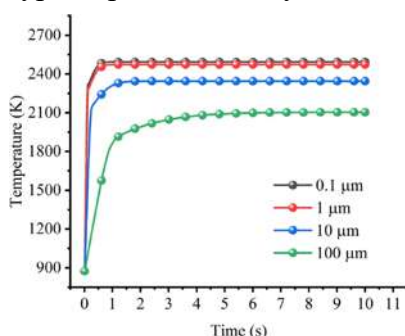
**Рисунок 1.** Поглощение  $\text{CeO}_2$  (пунктирная кривая) и интенсивность солнечного излучения в зависимости от длины волны (черная сплошная кривая).



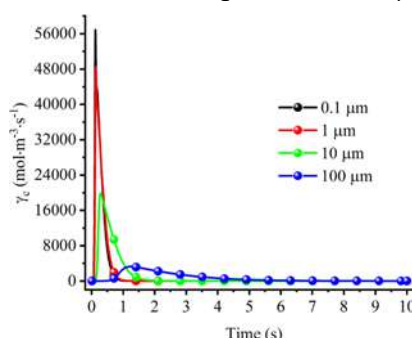
**Рисунок 2.** Доля энергии, поглощаемой  $\text{CeO}_2$ , в зависимости от диаметра частиц.

Коэффициенты поглощения составляют 3.52%, 29.47%, 86.23% и 87.69%, соответственно для размеров 0.1; 1.0; 10 и 100  $\mu\text{m}$  диаметра частицы  $\text{CeO}_2$  при длине волны 200 нм. Интенсивность солнечного излучения сначала увеличивается, а затем уменьшается, и максимальное значение составляет 2.14  $\text{Вт}/\text{м}^2/\text{нм}$  при длине волны 577 нм. Как видно из рис. 1, при уменьшении диаметра  $\text{CeO}_2$  до 0.1  $\mu\text{m}$  максимальное значение  $\alpha$  также уменьшается до 0. Для дальнейшего анализа вычисляется значение  $P_{02}$  в спектральном диапазоне  $200 < \lambda < 2500$  нм. Результаты показаны на рис.2. Как видно,  $P_{02}$  увеличивается с увеличением диаметра частиц, как и ожидалось.  $P_{02}$  имеет положительную связь с поглощением (рис.1.). В спектральном диапазоне  $200 < \lambda < 2500$  нм  $P_{02}$  увеличивается от 0.55% до 42.73% с увеличением диаметра  $\text{CeO}_2$  от 0.1 до 100  $\mu\text{m}$ . На температуру  $\text{CeO}_2$  влияют  $Q_{\text{abs}}$  и  $Q_{\text{emit}}$ . С учетом поглощения, теплового излучения и химической реакции, изучены изменения температуры при четырех размерах, представленные на рис. 3.

Как видно из рис. 3., максимальные температуры составляют 2493.24 К; 2473.11 К; 2344.79 К и 2103.24 К при диаметрах 0.1; 1.0; 10 и 100  $\mu\text{m}$ , намекая на то, что температурное разделение будет явно увеличиваться, когда диаметр больше 10  $\mu\text{m}$ .



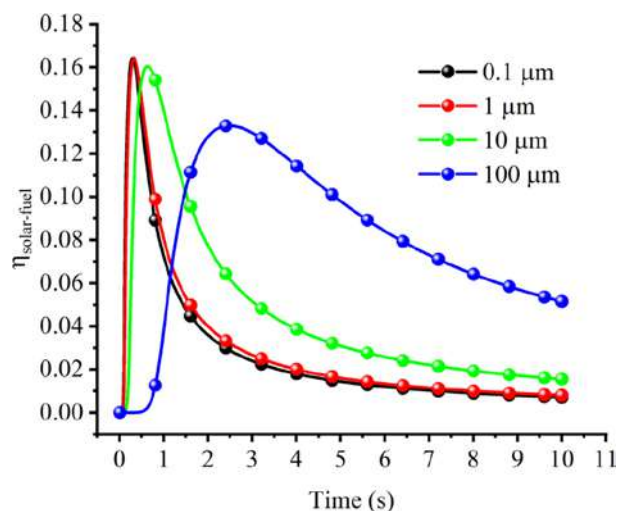
**Рисунок 3.** Зависимость температуры  $\text{CeO}_2$  с размерами 0.1; 1.0; 10 и 100  $\mu\text{m}$  от времени.



**Рисунок 4.** Скорость реакции  $\text{CeO}_2$  различного диаметра в зависимости от времени.

Кроме того,  $\text{CeO}_2$  с меньшим диаметром имеет более высокую скорость нагрева. Например, время достижения температуры 1775 К изменяется от 0.07 до 0.83 с при

изменении диаметра от 0.1 до 100  $\mu\text{m}$ . Помимо скорости нагрева, также прогнозирована скорость реакции  $\text{CeO}_2$ , результаты которых представлены на рис. 4. Как видно, скорость сначала увеличивается, а затем уменьшается, образуя один пик скорости при любом заданном диаметре. Пиковые значения составляют 56.897; 48.468; 19.890 и 3241 моль/ $\text{m}^3/\text{c}$ , при диаметрах 0.1; 1.0; 10 и 100  $\mu\text{m}$ .



**Рисунок 5.** Изменение  $h_{\text{solar-fuel}}$  в зависимости от времени при различных диаметрах.

Как показывают результаты, что более высокая скорость нагрева при меньшем диаметре в определенной степени увеличивает скорость реакции. Кроме того, влияние диаметра частиц на нестационарное преобразование энергии солнечного излучения к топливу ( $h_{\text{solar-fuel}}$ ) изучены, и результаты представлены на рис. 5.

Проверка эффекта диаметра показывает, что пик  $h_{\text{solar-fuel}}$  становится наибольшим при 1  $\mu\text{m}$ . Максимальные значения  $h_{\text{solar-fuel}}$  для  $\text{CeO}_2$  с диаметром 1  $\mu\text{m}$ , составляют 16.43% при 0.33 с. Для сравнения, это значение составляет 13.29% при 2.49 с для  $\text{CeO}_2$  с диаметром 100  $\mu\text{m}$  [10].

Результаты показывают, теплопоглощение диоксида церия зависит от ее диаметра и концентрации. Поглощаемая энергия диоксидом церия увеличивается с 0.55% до 42.73% по мере увеличения ее диаметра от 0.1 до 100  $\mu\text{m}$ . Однако время, необходимое для достижения температуры 1775 К, образцов диоксида церия с диаметром 0.1 и 100  $\mu\text{m}$ , составляет 0.07 и 0.83 соответственно. Эффективности преобразования солнечной энергии в топливо ( $h_{\text{solar-fuel}}$ ) для образца с диаметром 1  $\mu\text{m}$  составляет 16.43 %, что является максимальным значением для всех выбранных диаметров.

1. Smestad G.P., Steinfeld A. Review: photochemical and thermochemical production of solar fuels from  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  using metal oxide catalysts. *Ind and Chem Res* **2012**;51:11828e40.
2. Qi M.-Y., Conte M., Anpo M., Tang Z.-R., Xu Y.-J. Cooperative coupling of oxidativeorganic synthesis and hydrogen production over semiconductor-based

- photocatalysts. *Chem Rev* **2021**;121:13051e85.
3. Yuan L., Han C., Yang M.Q., Xu Y.J. Photocatalytic water splitting for solar hydrogen generation: fundamentals and recent advancements. *Int Rev Phys Chem* **2016**;35:1e36
  4. Haeussier A., Abanades S., Julbe A., Jouannaux J., Drobek M., Ayrat A., et al. Remarkable performance of microstructured ceria foams for thermochemical splitting of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> in a novel high-temperature solar reactor. *Chem Eng Res Des* **2020**;156:311e23.
  5. Fu M., Wang L., Ma T., Wu J., Dai S., Chang Z., et al. Chemical formula input relied intelligent identification of an inorganic perovskite for solar thermochemical hydrogen production. *Inorg Chem Front* **2021**;8:2097e102.
  6. Sun C.W., Li H., Chen L.Q. Nanostructured ceria-based materials: synthesis, properties, and applications. *Energy Environ Sci* **2012**;5:8475e505.
  7. Mogensen M., Sammes N.M., Tompsett G.A. Physical, chemical and electrochemical properties of pure and doped ceria. *Solid State Ionics* **2000**;129:63e94.
  8. Kubicek M., Bork A.H., Rupp J.L.M. Perovskite oxides - a review on a versatile material class for solar-to-fuel conversion processes. *J Mater Chem* **2017**;5:11983e2000.
  9. Orfila M., Sanz D., Linares M., Molina R., Sanz R., Marugan J., et al. H<sub>2</sub> production by thermochemical water splitting with reticulated porous structures of ceria-based mixed oxide materials. *Int J Hydrogen Energy* **2021**;46:17458e71.
  10. Tianzeng Ma, Jian Cong, Zheshao Chang, Qiangqiang Zhang, Jasurjon S. Akhatov, Mingkai Fu, Xin Li // Heat transfer and solar absorption analysis of multiscale CeO<sub>2</sub> reduction for rapid H<sub>2</sub> production prediction//*International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (2022), pp. 21681-21689.

# MATERIAL SELECTION FOR RECEIVER TUBE OF SOLAR PARABOLIC THROUGH CONCENTRATOR

Kh.S. Ahmadov<sup>a</sup>, N.I. Juraboyev<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>b</sup> Fergana polytechnic institute, Fergana, Uzbekistan

juraboyevnodirbek07091997@gmail.com

The solar thermal collector is an economical application of solar energy, a clean and environmentally friendly renewable resource. Instead of using electricity, oil, or gas as a source of heat, is an attractive alternative, mainly in places where electric power is not available. Parabolic cylindrical trough collector is one of the solar concentrator technologies for the transformation of solar energy into thermal drive. Blackened metal tube receiver is fitted on the focal plane of the cylinder, and the channel is rotated about its axis to monitor the motion of the sun. The metal tube transporting heat transfer fluid receives heat energy and gets heated. The hot heat transfer fluid is used for other applications. The performance of the trough collector is affected by different parameters such as aperture diameter, rim angle, the reflectivity of the reflector, absorber size, and shape. To enhance the performance of the cylindrical trough collector, researchers all over the world made sincere efforts to optimize the parameters affecting the performance of the system [1]. Numerous researchers used experimental analysis on PTC to investigate and improve its functionality. An experimental investigation by Zou et al. [2] used an evacuated aluminum receiver and mirror reflector to assess PTC performance. Even with solar radiation less than 310 W/m<sup>2</sup>, they achieved 67% thermal efficiency. Another experimental analysis of a small-sized solar parabolic trough collector (PTC) was conducted by Alka Bha et al. [3] to investigate its performance. This study was conducted for finding out the better combination of receiver tube, receiver tube material, diameter of receiver tube and mass flow rate. From first analysis, it was observed that the copper receiver tube is showing better performance at both the mass flow rates 0.01 kg/s and 0.02 kg/s in comparison of stainless-steel tube. The maximum thermal efficiency of 35.9% is obtained in case of a copper receiver at 0.01 kg/s mass flow rate.

Constant Surface Heat Flux ( $q_s = constant$ )

In the case of  $q_s = constant$  constant, the rate of heat transfer can also be expressed as

$$\dot{Q} = q_s A_s = \dot{m} C_p (T_e - T_i) [W] \quad (1)$$

The rate of heat transfer for cylindrical receiver tube

$$\dot{Q} = I_c \cdot A_s = c \cdot I_0 \cdot \pi R L [W] \quad (2)$$

Outlet temperature of fluid can be expressed as

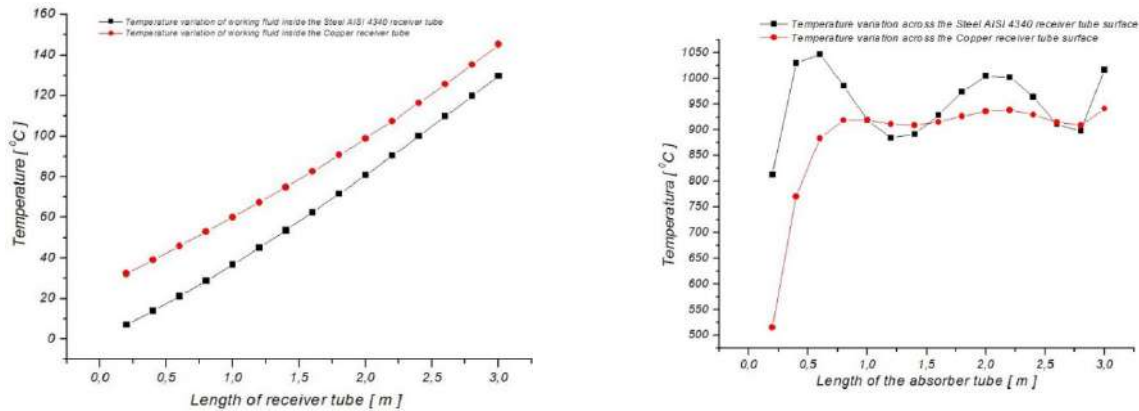
$$T_e = \frac{q_s \cdot A_s}{\dot{m} C_p} + T_i \quad (3)$$



Note that the mean fluid temperature increases linearly in the flow direction in the case of constant surface heat flux, since the surface area increases linearly in the flow direction (As is equal to the perimeter, which is constant, times the tube length) in Fig. 1.

The surface temperature in the case of constant surface heat flux  $\dot{q}_s$  can be determined from

$$\dot{q}_s = h(T_s - T_m) \rightarrow T_s = T_m + \frac{\dot{q}_s}{h} \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (4)$$



**Figure 1.** Relation between temperature and tube length

In this study, performance investigation was analyzed by COMSOL Multiphysics program using copper and stainless-steel (50.8[mm] diameter) as receiver tube material at 0.1 kg/s mass flow rate. It was observed that copper receiver tube is showing better performance at the mass flow rates 0.01 kg/s and in comparison of stainless steel tube. That is copper is better material for the receiver of PTC system.

1. Sangotayo EO, Waheed MA, Bolaji BO (2019). Thermal Evaluation of a Parabolic Trough Solar Concentrator Using Three Different Receivers. Journal of Energy Technologies and Policy. DOI: 10.7176/JETP
2. Zou B, Dong J, Yao Y, Jiang Y. An experimental investigation on a small-sized parabolic trough solar collector for water heating in cold areas, Applied Energy, 163, 2016, pp. 396-407.
3. Alka Bharti, Amit Dixit, Bireswar Pau. Experimental analysis of a Solar parabolic trough collector. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). Volume 9, Issue 6, 2018, pp. 102–112.

## ANNUAL PERFORMANCE OF SOLAR PARABOLIC TROUGH COLLECTOR BY USING MWCNT NANOFUIDS IN THE TASHKENT REGION

T.I. Juraev, A.S. Halimov, J.S. Akhatov

*Physical-Technical Institute of the Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

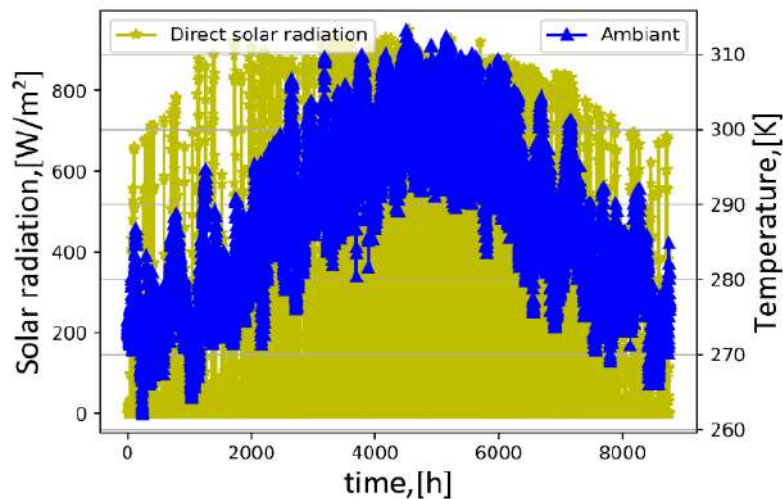
jtukhtamurod94@gmail.com

Due to their good thermophysical properties, nanofluids are considered as promising coolants for many branches of science and technology [1], for example, in the field of transport - the use of nanofluids as coolants in coolers of transport power plants will significantly reduce their volume and weight. Moreover, it is shown that the using nanofluids as heat transfer fluid will increase the efficiency of such devices by 30% compare to water, which is given in [2], where a nanofluid based on water with silver particles was used for the solar collector, the maximum volume content is 0.04%: the maximum efficiency of solar collectors when using nanofluid reaches 70%. In [3] have been carried numerical simulation that the thermal efficiency was about 69.73-72.24%, which decreases with the high synthetic oil fluid temperatures and increases in the lower water temperature by 2%. According to the literature reviews have been proposed to investigate the annual thermal performance of solar parabolic trough collector by using MWCNT nanofluids for climate conditions of Tashkent. In order to evaluate the thermal performance of PTC-parabolic trough solar collectors have been created mathematical model of parabolic trough solar collectors given in [4], which expressed the results of numerical and experimental investigation.

In the control volume, the heat balance can be written as follows:

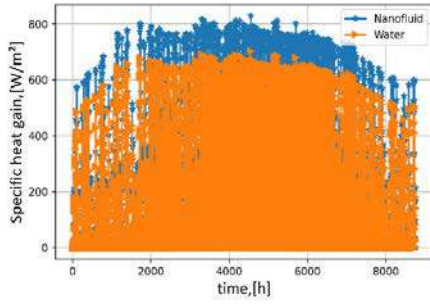
$$\dot{Q}_{f.in} + \dot{Q}_{solar} = \dot{Q}_{f.out} + \dot{Q}_{loss} \quad (1),$$

where  $\dot{Q}_{f.in}$  is the energy of the inlet liquid,  $\dot{Q}_{solar}$  is the solar energy reaching the surface of the collector,  $\dot{Q}_{f.out}$  is the energy of the output liquid,  $\dot{Q}_{loss}$  is the energy loss from the collector. To solve the created mathematical model, an implicit difference scheme was used [5], and as a result of validation root-mean-square error and the coefficient of determination were  $RMSE = 0.61 K$ ,  $R^2 = 0.99995$ . All data for numerical analysis shown in fig.1, which illustrate the one-year weather data of Tashkent region.

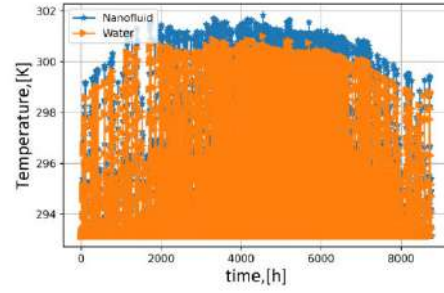


**Figure 1.** Direct solar radiation and ambient temperatures through the one-year period.

As shown in Fig. 1. Direct solar radiation has been changed from 0.001 W/m<sup>2</sup> to approximately 1000 W/m<sup>2</sup>, where the ambient temperature changed from 260 K to about 315 K.

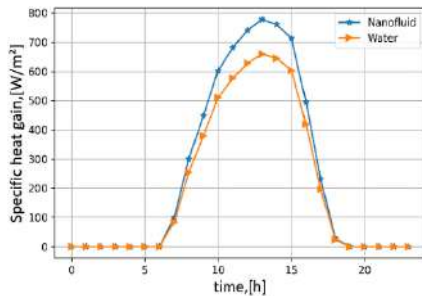


**Figure 2. a.** Comparison of specific heat gain of PTC by using MWCNT based nanofluids and water as a heat transfer fluid

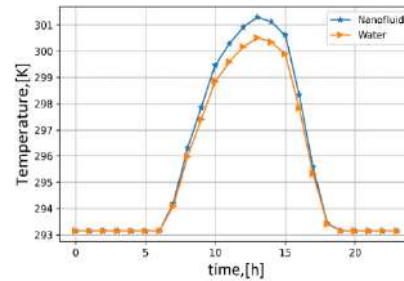


**Figure 2. b.** Comparison of outer temperatures by using MWCNT based nanofluids and water as a heat transfer fluid

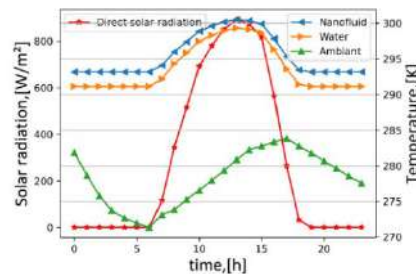
As shown in Fig. 2a specific heat gain of PTC was changed from 0 up to 800 W/m<sup>2</sup> for heat transfers as MWCNT based nanofluids, where this value was reached up to about 650 W/m<sup>2</sup>. The value of zero for specific heat gain, which means zero solar radiation. The difference between the specific heat gain for nanofluid based PTC and water based was reached 126.5 W/m<sup>2</sup>, which illustrate 126.5 W energy saving for each m<sup>2</sup> are of PTC. Moreover, in Fig. 2b given the difference between the outer temperature from PTC for nanofluids and water during the one-year period. The difference between the temperatures were reached to about 3 K at maximum values of solar radiation, as shown in Fig. 2b. Due to the collector shape and flow rate the difference was not highly remarkable, where flow rate was 50 L/h. Furthermore, parameters which evaluate the thermal performance of PTC also compared for one specific day weather data of Tashkent (one day from April month).



a)



b)



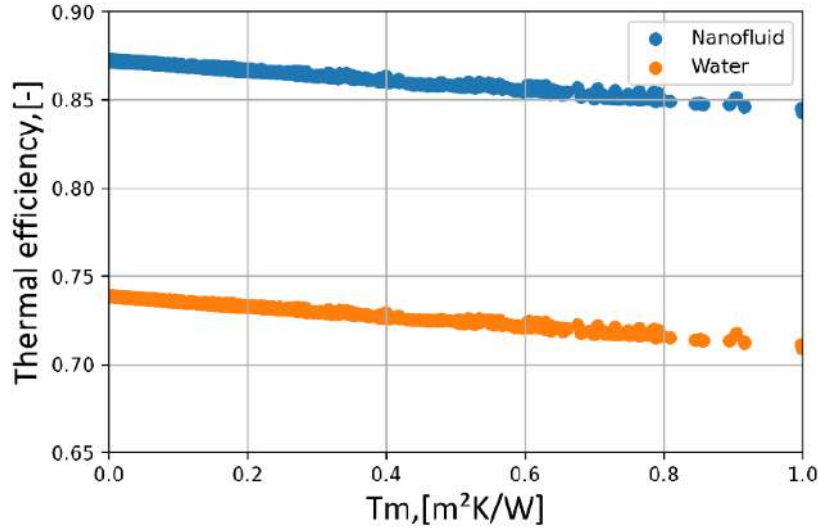
c)

**Figure 3. a, b, c.** Daily comparisons of specific heat gain, solar radiation, ambient temperature and the comparison of outer temperatures of nanofluid based and water-based PTC.

In Fig. 3 a, b, c expressed the daily comparisons of specific heat gain and outer temperatures of nanofluids and water and also relation between daily solar radiation ambient, and outer temperatures. In Fig. 4 shown the comparison of thermal efficiencies of PTC by using MWCNT based nanofluids and water, with the respect of  $T_m$  value.

$$T_m = \frac{T_{in} - T_{amb}}{G_{direct}} \quad (2),$$

where,  $T_{in}$  -inner temperature of heat transfer fluid,  $T_{amb}$  -ambient temperature,  $G_{direct}$  -direct solar radiation.



**Figure 4.** Comparison of the annual thermal efficiency of PTC by using MWCNTs based nanofluids and water, with the respect of  $T_m$  value.

As shown in Fig. 4 the thermal efficiency of PTC by using nanofluids changed from about 84.5% to nearly 88.5%, where this value for water-based PTC fluctuated between approximately 70% and nearly 75%. Furthermore, it is clear from the difference that the using of MWCNT (0.05%) based nanofluids as a heat transfer fluid supports about 13.5% enhancement of thermal efficiency. In terms of annual specific heat gains nanofluid used in PTC as heat carrier fluid owned 1469.9 kW/m<sup>2</sup>a, where water supplied the 1244 kW/m<sup>2</sup>a. From point of view the energy saving using nanofluids in PTC showed 224 kW/m<sup>2</sup>a useful heat gain more than water.

1. H. Xie, W. Yu, Y. Li, and L. Chen, "Discussion on the thermal conductivity enhancement of nanofluids," *Nanoscale Res. Lett.*, vol. 6, no. 1, 2011, doi: 10.1186/1556-276X-6-124.
2. S. Roy, L. Godson Asirvatham, D. Kunhappan, E. Cephas, and S. Wongwises, "Heat transfer performance of silver/water nanofluid in a solar flat-plate collector," 2014. [Online]. Available: <http://eds.yildiz.edu.tr/>
3. Y. Marif, H. Benmoussa, H. Bouguettaia, M.M. Belhadj, and M. Zerrouki, "Numerical simulation of solar parabolic trough collector performance in the Algeria Saharan region," *Energy Convers. Manag.*, vol. 85, pp. 521–529, Sep. 2014, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2014.06.002.
4. V.E. Dudley, "Segs\_Ls2\_Solar\_Collector.Pdf." pp. 1–140, 1994.

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРИВЕДЕННОГО КОЭФФИЦИЕНТА СУММАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ГЕЛИОУСТАНОВКЕ ЧЕРЕЗ ИХ ПЛЕНОЧНЫЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ЧАСТИЧНО ПРОНИЦАЕМЫЕ ДЛЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.А. Абдуллаев<sup>а</sup>, Б.А. Абдуллаев<sup>а</sup>, Ф.Ш. Касимов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Гулистанский государственный университет, г. Гулистан, Республика Узбекистан

<sup>б</sup> Физика-технический институт АН РУз

fahri2002@mail.ru

Эффективность использования солнечной энергии в гелиоустановках наряду с оптическими качествами существенно зависит от теплотехнических качеств их светопрозрачных пленочных ограждений. Основным показателем теплотехнического качества пленочных светопрозрачных ограждений гелиоустановка является коэффициент тепловых потерь ( $K_{огр}$ ).

Научные исследования, и которых имеются данные по определению  $K_{огр}$  в гелиоустановках можно разбить на две группы: в первой из них значение  $K_{огр}$  принимается и качестве нормированного, а во второй- определяется зависимость и  $K_{огр}$  от ряда факторов. Наличие двух принципиально отличных способов расчета  $K_{огр}$  указывает на определенные затруднения в нахождении его истинного значения. По этой причине разрыв в рекомендуемых различными авторами значениях  $K_{огр}$  чрезвычайно велик. Для теплиц со стеклянными ограждениями величина  $K_{огр}$  принимается в пределах от 5.35 до 13.96 Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [1], что отличается 2.61 раза. Такая большая разница по выбору значения  $K_{огр}$  различными авторами указывает на необходимость рассмотрения специфики расчета тепловых потерь через светопрозрачные ограждения гелиоустановка.

Общие тепловые потери теплиц с частично проницаемыми для инфракрасного излучения пленочными светопрозрачными ограждениями ( $Q_{тп}$ ) складываются из радиационно-конвективной ( $Q_{огр}^{рк}$ ), инфильт-рационной ( $Q_{инф}$ ), кондуктивной – через грунт ( $Q_{гр}$ ) и сквозной лучистой – инфракрасным излучением ( $Q_{огр}^{скв}$ ) составляющих, т.е.

$$Q_{тп} = Q_{огр}^{рк} + Q_{инф} + Q_{гр} + Q_{огр}^{скв} \quad (1)$$

Анализ результатов научных исследований [1, 3-9], посвященных изучению процессов теплообмена на внутренних поверхностях ограждений в условиях естественной конвекции показывает, что для определения значений  $\alpha_{вн}^{конв}$ ,  $\alpha_{вн}^{изл}$  и  $\alpha_{вн}^{конд}$  общепризнанными формулами являются:

$$\text{-для } \alpha_{\text{вн}}^{\text{конв}} [5] \quad Nu = 0,135 Ra^{\frac{1}{3}}; \quad (2)$$

$$\text{-для } \alpha_{\text{вн}}^{\text{изл}} [1] \quad \alpha_{\text{вн}}^{\text{изл}} = 0,88 \varepsilon_{\text{пр}} \sigma \frac{T_p^4 - T_{\text{пл}}^4}{t_p - t_{\text{пл}}}; \quad (3)$$

$$\text{-для } \alpha_{\text{вн}}^{\text{конд}} [9] \quad \alpha_{\text{вн}}^{\text{конд}} = 1,5 \frac{\sqrt[4]{P_n}}{\sqrt{t_p - t_{\text{пл}}}} \sqrt{\frac{\pi(\sin \varphi + \cos \varphi)(1 - \cos \theta)^2 (2 + \cos \theta)}{6\Omega \sin \theta}} \quad (4)$$

где  $P_n$  - давления насыщения;  $\varphi$  - угол наклона поверхности конденсации относительно горизонта;  $\theta$  - краевой угол капли при капельной конденсации на внутренней поверхности пленочного ограждения;  $\Omega$  - коэффициент поверхностного натяжения воды.

1. Ануфриев А.М., Кожин И.А., Позин Г.М. Теплофизические расчеты сельскохозяйственных производственных зданий М.: Стройиздат. 1974. 216 с.
2. Абуев И.М., Тарнижевский Б.В. Выбор материалов для солнечных коллекторов// Гелиотехника. 1990. №5. С.12-17.
3. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулярованием тепла, Ташкент, Фан. 1990. 196 с.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А, Сукомел А.С. Теплопередача М: Энергия 1975. 488 с.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи М – Л.: Госэнергоиздат. 1956. 392 с.
6. Основы учения о теплообмене. М.: ИИЛ 1958. 560 с.
7. Дроздов В.А., Савин В.К., Александров Ю.П. Теплообмен в светопрозрачных ограждающих конструкциях. М.: Стройиздат. 1979. 307 с.
8. Шкловер А.М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий М.: Госстройиздат. 1956. 350 с.
9. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е., Мамедов М. Теплопередача при капельной конденсации// Изв. АН ТССР. Сер. физ.-тех., хим., геол. наук. 1978. №3. С. 22-28.

**СЕКЦИЯ II**  
**«КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ.**  
**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЗАДАННЫМИ**  
**СВОЙСТВАМИ»**

**EFFECT OF HEAT TREATMENT CONDITIONS ON THE MAGNET**  
**PROPERTIES OF M-TYPE STRONTIUM FERRITES**

Kyoungmook Lim\*, Seungyeon Park

*Korea Institute of Industrial Technology, Korea*

mook@kitech.re.kr

Permanent magnets, such as oxide magnets and rare-earth element magnets, have been steadily used as major materials for the various motors of a hybrid electric vehicle (HEV) or an electric vehicle (EV) for the reduction of fossil fuels. M-type hexagonal ferrite permanent magnets ( $\text{MeFe}_{12}\text{O}_{19}$ ; Me=Ba, Sr) have been widely employed due to their outstanding chemical stability with a low raw material cost [1]. Since the miniaturization and the high performance of the motors used in automotive parts are required, it is important to improve the magnetic properties of ferrite magnets for automotive parts without the increase in the production cost [2]. Among the various processes producing ferrite magnet, which is produced by standard ceramic process, heat treatment process is a main factor determining the microstructure, phase and the corresponding magnetic properties.

In this paper, we investigated an influence of the heat treatment conditions on the magnetic properties of the M-type hexaferrite magnets. We fabricated the magnets  $\text{Sr}_{0.06}\text{Ca}_{0.52}\text{La}_{0.52}\text{Fe}_{11.68}\text{Co}_{0.22}\text{O}_{19}$  by the standard ceramic process with all of the optimized conditions except for calcination process. In the calcination process, mixed powders were calcined at the various temperature from 1180°C to 1260°C. As the calcination temperature increases, the coercivity ( $H_c$ ) of the calcined powder was gradually reduced by the grain growth. On the contrary, the higher calcination temperature improved the coercivity of the sintered ferrite magnets. On the basis of these results, it can be seen that the magnetic properties of the sintered ferrite magnets after the sintering are influenced by the particle size of the calcined powders.

1. R.C. Pullar, *Progress in Materials Science*, **2012**, 57, 1191–1334.
2. Y. Yang, X. Liu, D. Jin, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **2014**, 364, 11-17.

# A LASER ABLATION STUDY OF A RARE-EARTH NANOPARTICLE MATERIAL

Kyung-Tae Kang

*Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, South Korea*  
ktkang@kitech.re.kr

The nanoparticles with doping of rare earth elements such as Erbium started to be used in photonic and biomedical application areas due to their unique luminescent [1-6] and magnetic [7] properties associated with the 4f electron orbital configurations. Although the chemical synthesis has been a major method [3] to produce the rare earth doped nanoparticles, the chemical method has disadvantages such as generation of toxic chemical wastes and limitation in the material choice due to necessary thermal decomposition steps typically in the solvents of high boiling temperature.

Laser ablation has been actively examined to convert the rare earth containing bulk materials into functional nanoparticles as a potentially clean, efficient production method. However, elemental composition change during laser ablation based rare earth containing nanoparticle conversion process has not been studied extensively despite its significance. In this study, an ultraviolet nanosecond pulsed laser is used to ablate an erbium containing glass material with a major aim of tracking elemental composition in collected nanoparticles. The effect of laser fluence and laser beam spot is experimentally investigated by morphological, optical, spectroscopic, and elemental analyses. The results indicate the careful choice of laser parameters for the laser ablation can either preserve the elemental composition of bulk materials for applications dealing with rare earth containing materials or separate rare earth elements from bulk materials.

1. K.T. Kang, Y. Rho, H.K. Park and D.J. Hwang, *Physica status solidi (a)*, **2018**, 215(20), 1700947.
2. D.K. Chatterjee, A.J. Rufaihah and Y. Zhang, *Biomaterials*, **2008**, 29 (7), 937-943.
3. Z. Song, Y.G. Anissimov, J. Zhao, A.V. Nechaev, A. Nadort, D. Jin, T.W. Prow, M.S. Roberts and A.V. Zvyagin, *Journal of biomedical optics*, **2013**, 18 (6), 061215-061215.
4. T. Nunokawa, Y. Onodera, M. Hara, Y. Kitamoto, O. Odawara and H. Wada, *Applied Surface Science*, **2012**, 261 (0), 118-122.
5. K. Hiromatsu, D.J. Hwang and C.P. Grigoropoulos, *IET Micro and Nano Letters*, **2008**, 3, 121-124.
6. Y. Onodera, T. Nunokawa, O. Odawara and H. Wada, *Journal of Luminescence*, **2013**, 137(0), 220-224.
7. J. Jakobi, S. Petersen, A. Menéndez-Manjón, P. Wagener and S. Barcikowski, *Langmuir*, **2010**, 26 (10), 6892-6897.

*Acknowledgements:* We are grateful to the Korea Institute of Industrial Technology for financial support.



# SYNTHESIS OF HIGHLY DISPERSED SILICA NANOPARTICLES FROM INDUSTRIAL WASTE

A.A. Avvalboev\*, M.Sh. Kurbanov, S.A. Tulaganov, J.A. Panjiev

Arifov Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies of Uzbekistan Academy Sciences,  
Tashkent, Uzbekistan

avvalboevakbar@gmail.com

After carbon, silicon and its oxides are the most common elements in the Earth's lithosphere. The fields of application of silicon dioxide are very wide, in particular, as additives to paints and varnishes, anti-corrosion, anti-friction and hydrophobic coatings, rubber products. SiO<sub>2</sub> nano-additives are widely used in the construction industry. Currently, the use of lithium-ion accumulators in the preparation of the composite material for the anode part is considered as one of the promising areas.

There are many methods of synthesis of SiO<sub>2</sub> nanoparticles. The sol-gel method that we have developed is economically attractive in several aspects: high temperature is not required for the reaction, reagents can be reused, and the main raw material is industrial waste.

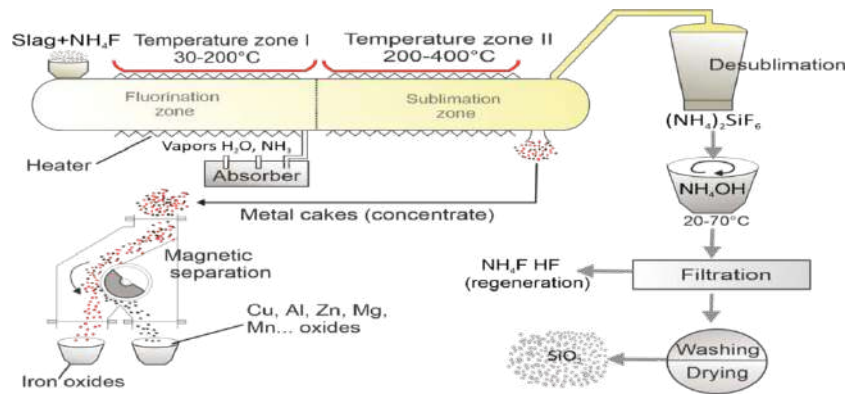
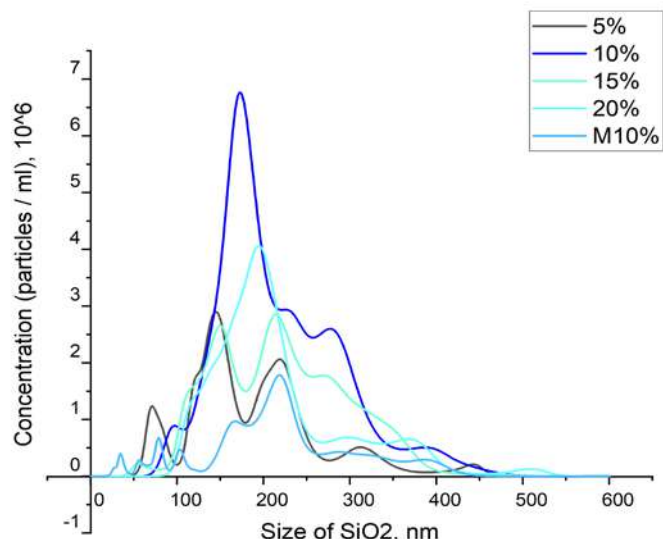


Figure 1. Silicon dioxide synthesis scheme

The Figure 1 shows the technology of extracting ammonium hexafluorosilicate from slag, an industrial waste. As we can see, the technology can be divided into two parts: There are fluorination and sublimation reactors.

SiO<sub>2</sub> can be extracted from ammonium hexafluorosilicate by hydrolysis, but the size of silica nanoparticles can be affected by influencing several parameters in the process. It is possible to influence the size of SiO<sub>2</sub> particles by influencing several parameters during hydrolysis: pH value, temperature, concentration of solution, concentration of ammonia solution, duration of hydrolysis and several other parameters [1].





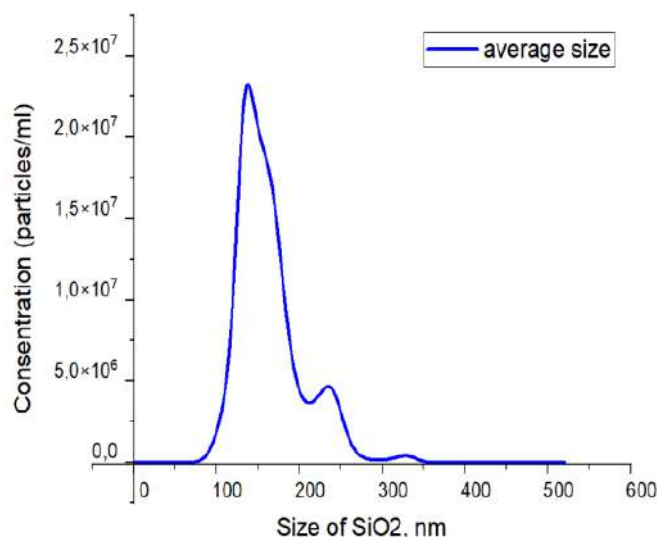
**Figure 2.** Particle sizes of SiO<sub>2</sub> synthesized from 5%, 10%, 15%, 20% and milled ammonium hexafluorosilicate.

Hydrolysis occurs as described in reaction (1). During the experiments, SiO<sub>2</sub> nanoparticles are hydrolyzed at 4 different concentrations of ammonium hexafluorosilicate, 5%, 10%, 15%, 20%, average size of the particles is around 180-210 nm (Figure 2).

We can see, the size of SiO<sub>2</sub> particles does not differ much from each other, their purity is also not good, the reason is that they contain metal residues. For this purpose, before hydrolysis, ammonium hexafluorosilicate was dissolved in water and the temperature of the solution was heated to 55°C. Since ammonium hexafluorosilicate is well soluble in water, metal residue remains on the filter and aqueous solution of ammonia is added to the solution and hydrolysis is continued.

The high monodispersity of SiO<sub>2</sub> particles obtained by this method was observed in Figure 3.

SiO<sub>2</sub> is used in many areas, from food industry, pharmaceuticals, construction, agriculture, to the production of rubber equipment. Currently, SiO<sub>2</sub> synthesized by this method is used to accelerate the growth of plants in agriculture, and a composite material based on SiO<sub>2</sub>/C is being prepared for the anode part of lithium-ion accumulators. If SiO<sub>2</sub> is used for the anode, the capacity of the accumulators can be significantly increased.



**Fig.3.** Size of SiO<sub>2</sub> nanoparticles measured in Nanosight

1. M.Sh. Kurbanov, S.A. Tulaganov and M. Ernazarov, L.S. Andriyko. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, **2021**, 13 (6), 06024(6pp). doi: 10.21272/jnep.13(6).06024.

## **DENSITY AND MICROHARDNESS OF $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_{4x}\text{Se}_{4(1-x)}$ SOLID SOLUTIONS**

V.A. Yashchuk<sup>a</sup>, V.V. Khoroshko<sup>a</sup>, V.F. Gremenok<sup>a, b</sup>, A. Yusupov<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*

<sup>b</sup> *Scientific-Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

<sup>c</sup> *Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan*

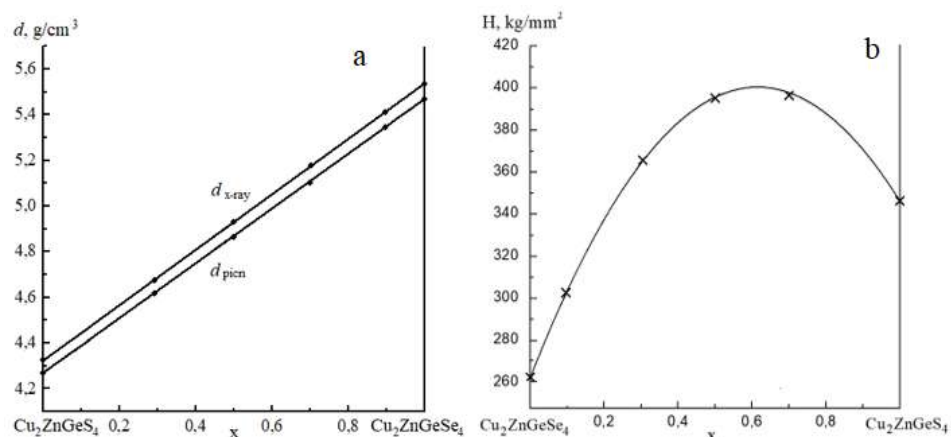
gremenok@physics.by

$\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$  compounds and  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_{4x}\text{Se}_{4(1-x)}$  solid solutions contain only earth abundant, non-toxic elements, have the band gap energy from 1.4 eV to 1.7 eV and may find potential applications in the field of photovoltaics and thermoelectrics [1-3]. Although these compounds are well known, there is still a lack of data about their crystal structure. That is why studying their density and microhardness is important for using them in multi-junction solar cells.

Polycrystalline ingots of  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{ZnGeSe}_4$  and  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_{4x}\text{Se}_{4(1-x)}$  solid solutions were synthesized in a vertical single-zone furnace and used to grow single crystals by the chemical vapor transport method. Needle-like, prismatic, and plate-like single crystals were grown. The crystal structure of the grown single crystals was determined by X-ray diffraction analysis, which showed reflection indices specific to a tetragonal structure. Pycnometric density was determined by the method described in [4]. The unit cell parameters determined by the X-ray method were used to calculate the X-ray density [5]. The microhardness was measured on the plate-like crystals on the (112) plane as the arithmetic

mean of 20 points using a «LEICA VMHT MOT» microhardness tester according to the Knoop method and was calculated according to [6].

Obtained values of X-ray and pycnometric densities for solid solution  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4\text{Se}_{4(1-x)}$  are presented in Fig. 1(a). The experimental results of microhardness measurement are shown in Fig. 1(b). The calculated values of microhardness are plotted as a solid line, experimental – point.



**Figure 1.** Dependence of density (a) and microhardness (b) on composition  $x$  for  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4\text{Se}_{4(1-x)}$  solid solutions

Thus, investigations have shown that the density changes linearly with the composition  $x$ . The X-ray density values are slightly higher than the pycnometric ones, probably because the calculated density is for an ideal crystal, while the real one may have various structural defects. The Kurankov's law [7] is fulfilled for  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4\text{Se}_{4(1-x)}$  solid solutions with the maximum corresponding to  $x=0.60$ , i.e., the position of the maximum is shifted towards the  $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$  with a higher microhardness. A similar dependence is well described by I.V. Bodnar et al. [8].

1. C.P. Heinrich, T.W. Day, W.G. Zeier, G.J. Snyder, W. Tremel. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 442–448.
2. T. Schnabel, M. Seboui and E. Ahlswede, *RSC Adv.*, **2017**, *7(1)*, 26-30.
3. T. Schnabel, M. Seboui and E. Ahlswede, *Energies*, **2017**, *10(11)*, 1813.
4. G.A. Ilyinsky, *Determination of the density of minerals*, Leningrad, Nedra Publ., **1975**, 119 p.
5. S.S. Gorelik, Iu.A. Skakov. and L.N. Rastorguev, *X-ray and electron-optical analysis*. Moscow, MISIS Publ., **1994**, 366 p.
6. V.M. Glazov, V.N. Vigdorovich, *Microhardness of metals and semiconductors*. Moscow, Metallurgy Publ., **1969**, 248 p.
7. N.S. Kurnakov, *Introduction to physical and chemical analysis*. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publ., **1940**, 562 p.
8. I.V. Bodnar, B.V. Korzun. and A.P. Chernyakova, *Phys. Stat. Sol.*, **1987**, *2(101)*, 409-419.

*Acknowledgments:* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Belarus under the grant №23-3064M.

# THEORETICAL EVALUATION OF GRAPHENE'S PERFORMANCE AS A BIOLOGICAL SENSOR: INSIGHTS FROM QUANTUM CHEMICAL CALCULATIONS

D. Abduvokidov<sup>a</sup>, J. Razzokov<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Institute of Material Science of AS RUz*

<sup>b</sup> *Institute of Fundamental and Applied Research under TIAME National Research University*

The progress of biosensors for biomedical purposes has attracted considerable attention in recent times [1]. Among the array of materials suggested for employment as sensing components, graphene has surfaced as a propitious candidate owing to its unique electronic and physical characteristics [2]. The extensive surface area, high conductivity, and chemical durability of graphene render it a fascinating material for utilization in biosensors [3]. The current study employs quantum chemical calculations to scrutinize the efficacy of graphene as a biological sensor. The objective is to obtain a better understanding of the electronic and physical properties of graphene and its derivatives that are pertinent to sensing.

We performed quantum chemical calculations using the Gaussian 16 software package. The structures of graphene and its derivatives were optimized using the B3LYP/6-31G(d) level of theory. The calculated quantum chemical parameters, including the HOMO-LUMO energy gap ( $\Delta E$ ), electronegativity ( $\chi$ ), electrophilicity index ( $\omega$ ), ionization potential (I), electron affinity (A), dipole moment, electronic chemical potential ( $\mu$ ), and total energy were analyzed to gain insights into the electronic and physical properties of graphene and its derivatives.

The calculated quantum chemical parameters of graphene and its derivatives are summarized in Table 1. Our results show that graphene possesses unique electronic and physical properties that make it a suitable candidate for sensing applications. Specifically, the high surface area, high conductivity, and chemical stability of graphene make it an attractive material for use in biosensors. The values of  $\Delta E$  for graphene and its derivatives are relatively high, suggesting that they have significant electronic stability. The values of  $\chi$  for graphene and its derivatives are also relatively high, indicating their ability to attract electrons.

The dipole moment of graphene is relatively low, suggesting that it is not highly polar. However, the dipole moments of graphene derivatives are higher, indicating that they are more polar and may have greater sensing ability. The electrophilicity index ( $\omega$ ) values for graphene and its derivatives are relatively high, suggesting that they are good electrophiles and could easily react with nucleophiles. The values of the electronic chemical potential ( $\mu$ ) are also relatively high for graphene and its derivatives, indicating their ability to donate electrons to other systems.

**Table 1:** The calculated quantum chemical parameters of graphene and its derivatives

$E_{\text{HOMO}}$ o	$E_{\text{LUMO}}$	I	A	$\Delta E$	$\eta$	M	$\chi$	Pi	$\Omega$	$\epsilon$	dipol	Energy	
<b>Ligand 1</b>	-6.654	-0.557	6.654	0.557	6.097	3.049	0.328	3.606	-3.606	2.132	0.469	2.1987	-16162.1565
<b>Ligand 2</b>	-5.943	-0.459	5.943	0.459	5.484	2.742	0.365	3.201	-3.201	1.868	0.535	1.3453	-20255.8410
<b>Ligand 3</b>	-6.935	-2.478	6.935	2.478	4.457	2.229	0.449	4.707	-4.707	4.970	0.201	7.6205	-23773.9271
<b>Complex 1</b>	-4.071	-3.824	4.071	3.824	0.247	0.124	8.086	3.948	-3.948	63.005	0.016	2.0051	-78731.2458
<b>Complex 2</b>	-4.107	-3.853	4.107	3.853	0.254	0.127	7.878	3.980	-3.980	62.378	0.016	3.7674	-82824.8517
<b>Complex 3</b>	-4.091	-3.841	4.091	3.841	0.251	0.125	7.980	3.966	-3.966	62.760	0.016	5.3298	-86342.9184

The total energy of graphene derivatives is much lower than that of graphene, indicating that the formation of the derivatives is energetically favorable. This suggests that modifying graphene through derivatization could enhance its sensing properties.

Our study provides valuable insights into the electronic and physical properties of graphene and its derivatives that are relevant to sensing. Our results suggest that graphene possesses unique properties that make it a suitable candidate for sensing applications. Specifically, the high surface area, high conductivity, and chemical stability of graphene make it an attractive material for use in biosensors. The dipole moments of graphene derivatives are higher than that of graphene, indicating that they may have greater sensing ability. Our findings provide a basis for the design and development of graphene-based biosensors for various biomedical applications.

1. Mohankumar, P., J. Ajayan, T. Mohanraj, and R. Yasodharan. "Recent developments in biosensors for healthcare and biomedical applications: A review." *Measurement* 167 (2021): 108293.
2. Anju, Surendranath, Jayakumar Ashtami, and P. V. Mohanan. "Black phosphorus, a prospective graphene substitute for biomedical applications." *Materials Science and Engineering: C* 97 (2019): 978-993.
3. Rajaji, Umamaheswari, Rameshkumar Arumugam, Shen-Ming Chen, Tse-Wei Chen, Tien-Wen Tseng, Sathishkumar Chinnapaiyan, Shih-Yi Lee, and Wen-Han Chang. "Graphene nanoribbons in electrochemical sensors and biosensors: a review." *Int. J. Electrochem. Sci* 13, no. 7 (2018): 6643.

# ZOL-GEL USULIDA KOBALT OKSIDLARI NANOZARRACHALARINI SINTEZ QILISH

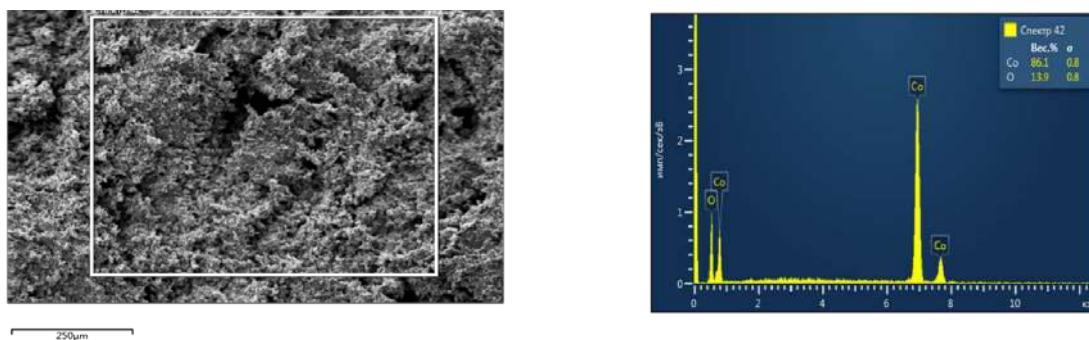
M.E. Jumayeva<sup>a</sup>, F.H. Xoshimov<sup>a</sup>, R.Sh. Xasanov<sup>b</sup>, S.A. Ibodullayev<sup>a</sup>

<sup>a</sup> O`zR FA Materialshunoslik instituti

<sup>b</sup> Toshkent shahridagi Turin politexnika Universiteti

Elektrokimyoviy kondensatorlar zaryadlash va tez quvvat yetkazib berish uchun to'g'ri ishlatiladi. Elektrokimyoviy kondensator elektrodi uchun kobalt oksidlari maxsus material sifatida alohida o'rganiladi, chunki u yuqori nazariy o'ziga xos potentsialga va yaxshi elektrokimyoviy qobiliyatga ega [1]. Faqat ikkita kobalt oksidi varianti barqaror xususiyatlarga ega:  $\text{Co}_3\text{O}_4$  va  $\text{CoO}$ . Ikkalasi ham mukammal magnit, optik, elektron xususiytlari va kimyoviy xossalari tufayli kondensator, katalizator, litiy-ion batareyasi, quyosh batareyasi, gaz sensori va magnit material ishlab chiqarish uchun foydalidir. Aytish mumkinki, bugungi kunga kelib kobalt oksidi nanozarrachalariga qiziqish ortib bormoqda [2].

Ushbu tadqiqotda kobalt oksidi zol-gel usuli yordamida sintez qilindi. Ushbu usul ko'proq afzalliklarga ega - maksimal tozalik, muntazam shakl va turli morfologiyalarga ega bo'lgan bir xil yakuniy mahsulotlarni va energiyani saqlash ilovalari uchun oksid nanostrukturalarini olish uchun qulaydir. Birinchi qadam etilen glikol erituvchi sifatida kobalt (II) nitrat geksagidratini 1:3 nisbatda birlashtirish edi. Keyin magnit aralashtirgichda namuna 350 rpm tezlikda xona haroratida ikki soat davomida aralashtirildi. Keyinchalik, xuddi shu asbob namunani bir xil tezlikda va eritma gelga aylanmaguncha qo'shimcha  $90^\circ\text{C}$  haroratda aralashtirdi. Namuna  $120^\circ\text{C}$  da quritish pechida quritildi; kukun namunasini olish uchun bir soat davomida maydalash bilan davom ettirildi. Keyin namunani ikki soat davomida  $700^\circ\text{C}$  da kuydirildi. Olingan namunani Elektron skanerlash mikroskopi yordamida o'rganildi (1-rasm).



1-Rasm. SEM natijalari

1. Synthesis and Characterization of Cobalt Oxide Nanoparticles Using Sol-Gel Method Susanto Arif Sardjono and Poppy Puspitasari, *AIP Conference Proceedings*, **2020**.
2. Sol-Gel synthesis of  $\text{Co}_3\text{O}_4$  nanoparticles as an electrode material for supercapacitor applications, C. Indira Priyadharsini, G. Marimuthu, T. Pazhanivel, P. M. Anbarasan, V. Aroulmoji, V. Siva & L. Mohana *Journal of Sol-Gel Science and Technology volume*, **2020**.

## СПИН ҚОПЛАШ УСУЛИДА $\text{SiO}_2/\text{ZnO}@\text{БКП}$ КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛЛАР ЮПҚА ҚАТЛАМИНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ

Ш.Э. Мирзаев, Ш.Н. Магдиев, Ж.М. Хурсандов, Қ.М. Норбоев, А.М. Насимов

*Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети, Самарқанд*

mirzayevsherzodbek877@gmail.com

Бугунги кунда нанотехнологияларнинг жадал ривожланиши, кўпгина соҳаларда айниқса, материалшунослик йўналишида сезиларли натижалар кузатилмоқда. Нанотузилишли композит материалларининг хоссалари асосан уларнинг синтез жараёнига боғлиқ [1]. Сўнгги пайтларда нанотузилишли композит материаллар турли хил физик ва кимёвий усуллар билан синтез қилинмоқда, масалан гидротермал, кимёвий тозалаш, термик парчаланиш ва ҳақозо. Бироқ, ушбу усулларнинг аксарияти реакциянинг юқори ҳароратда олиб борилиши, юқори энергия, узоқ реакция вақти, қимматбаҳо ускуналар ва зарарли органик реагентлар ёки сирт фаол моддаларни талаб қилади. Золь – гель усули энг содда усуллардан бири бўлиб, реакция параметрларини тизимли кузатиш орқали заррача катталиги ва морфологиясини бошқариш қобилиятига эга [2].

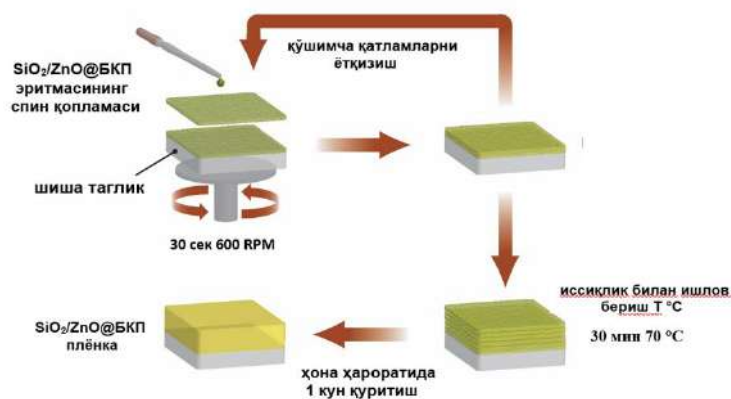
Ушбу ишда золь – гель усулида  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}@\text{БКП}$  таркибли композит материаллар синтез қилинди.  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}@\text{БКП}$  юпқа қатламлар спин қоплаш усулида олинди ва физик – кимёвий хоссалари ўрганилди.

Золь – гель еритмаси ТЕОС,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ва  $\text{HCl}$  мол нисбатлари тегишли тартибда 1:4:4:0.25 аралаштириш орқали олинган. Золь – гель аралашма ҳона хароратида 1 соат давомида 600 грт тезликда аралаштирилди. Сўнгра  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}$  нанокөмпозитини ҳосил қилиш учун дастлаб  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  еритмаси кучли айланиш тезлигида қўшилди ва 2 соат давомида аралаштирилди. Сўнгра БКП индикаторининг спиртдаги эритмаси томчилатиб аралаштирилди.

Қатламлар таглик сифатида  $15 \times 20$  мм ўлчамдаги микроскоп шишалар устига спин қоплаш усулида ҳосил қилинди. Шиша тагликлар дастлаб атсетонда сўнгра изопропил спирт билан ювилди. Дистилланган сув билан ювилгач азот билан қуритилди. Қуритилган шиша тагликлар 30 дақиқа озон билан ишлов берилди.

Спин қоплаш жараёни 30 секунд айланиш вақти билан 6000 грт тезлик билан амалга оширилди. Ҳар бир наъмуналар дастлаб 30 дақиқа  $70^\circ\text{C}$  да сўнгра 24 соат ҳона хароратида қуритилди (1-расм).

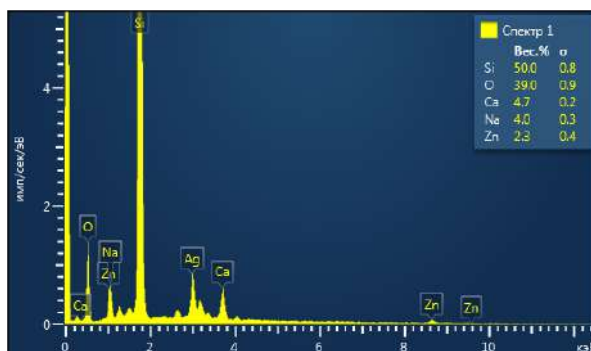




**1-Расм.** Спин қоплаш усулида  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}@$ БКП плёнка ҳосил қилиш.

Ҳосил қилинган қатламлар таркибидаги кремний ва рух оксидларнинг масса нисбатлари (%) дастлабки прекурсорларнинг масса нисбатлари (%) га мос эканлигини СЭМ таҳлил натижаларидан кўриш мумкин.

Золь – гель усулида дастлабки прекурсорларнинг миқдори ўзгариши билан қатлам қалинлигига қараб ҳар хил тақсимланишидан интеграл оптика учун керакли материаллар олиш имкониятини бериши мумкин. Спин қоплаш усули кераклича юпқа қатлам ҳосил қилиш учун муносиб усул эканлиги аниқланди.



**2-Расм.**  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}$  нанокөмпозит материалнинг элемент анализ таҳлили

1. Sanjit Manohar Majhi, Ali Mirzaei, Hyoun Woo Kim, Sang Sub Kim, Tae Whan Kim, Recent advances in yenergy-saving chemiresistive gas sensors, *Nano Yenergy*,(2020).
2. Murari, B.M.; Anand, S.; Gohil, N.K. & Chaudhury, N.K. Hoechst 33258 and Pyranine as fluorescent probes for sensing myoglobin in solution. *Anal. Chim. Acta*, (2006)

# ВСССО СВЕРХПРОВОДНИКИ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ В БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ: МОФОЛОГИЯ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Г. Мамниашвили<sup>b</sup>, Г. Донадзе<sup>b</sup>, Д.Г. Чигвинадзе, С.М. Ашиов, Д.Д. Гуламова<sup>a\*</sup>, Ш.К. Кучканов<sup>a</sup>, С.Дж. Рахманов<sup>a</sup>, С.Х. Бобокулов<sup>a</sup>, Э.Б. Эшонкулов<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Materials Science, Academy of Science Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*

<sup>b</sup>*E. Andronikachvili, Institute of Physics, 0177 Tbilisi, Georgia*

ddgulamova@mail.ru

В работе представлены результаты исследования микроструктуры, фазового состава и сверхпроводящих свойств висмутовых сверхпроводников ряда  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=5-20$ ), синтезированных солнечной “SFAQ” технологией. Представлены результаты исследования сверхпроводящих свойств, показывающие образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз с  $T_c=286-295$  К. На основании полученных результатов подтверждено мнение ведущих ученых об определяющем влиянии технологии на свойства целевых сверхпроводящих материалов.

Существенное влияние условий синтеза на свойства сверхпроводящих материалов определило широкий поиск методов и технологий, направленных на получение фаз с высокими температурами сверхпроводящего перехода. Для синтеза сверхпроводящих фаз наиболее часто используются традиционный метод твердофазных реакций [1, 2] химическое соосаждение, золь-гель, другие [3]. Развитие расплавных методов устраняло ряд проблем твердофазного принципа и позволило получить высокую текстуру, малую разориентацию межкристаллитных границ, контролируемое распределение примесных фаз - центров пиннинга, высокую концентрацию дефектов на межзеренных границах и соответственное усиление силы пиннинга [4]. С целью получения стеклокристаллических прекурсоров использована закалка расплава на роликах, в жидком азоте, спиннингованием, охлаждением расплава между металлическими пластинами, melt-casting, melt quenching processes и различные модификации этих технологий. Преимуществами стекло кристаллической технологии являются гомогенизация, уменьшение сегрегации; возможность формирования сложного профиля за счет пластичного состояния исходного прекурсора [5-7]. Пока этот метод распространен относительно мало, но стекло-керамическая технология представляет потенциальный интерес для получения трубок, фибер-частиц и вискерсов. Согласно результатам многочисленных исследований установлено, что фазы  $\text{Bi/Pb}$  2201, 2212, 2223, 2234 получают обжигом в температурном интервале 750-890°C. Объемное содержание сверхпроводящих фаз зависит от одновременного влияния комплекса параметров, что затрудняет определение единых требований к условиям технологического процесса, определяющего фазовый состав прекурсоров, температуру, время, среду и парциальное давление кислорода, валентность катионов и т.д. Различные методы изготовления прекурсоров влияют на объемное содержание, устойчивость к распаду и  $T_c$  сверхпроводящих фаз. Длительный отжиг более 150 часов при температуре  $\geq 850^\circ\text{C}$  приводил к разложению фазы  $\text{Bi/Pb}$  2223. Установлено, что кристаллическая решетка высокотемпературных сверхпроводящих фаз образуется на

основе более простых структур с низкими критическими температурами  $T_c$  (2201 → 2212 → 2223 → 2234) и жидкой фазы. Из такой закономерности следовала возможность получения сверхпроводящих фаз с высокими  $T_c$  в многослойных кристаллических структурах с соответственно большими параметрами элементарной ячейки [8]. Однозначными являются выводы об образовании высших сверхпроводящих фаз под воздействием высокого давления. “Расплавные” методы для нагрева используют резистивные и индукционные печи, СВЧ нагрев, лазер, лучистый поток, плазму. Солнечной SFAQ-T (Solar Fast Alloys Quenching) технологией на Большой солнечной печи (Паркент) синтезированы Bi/Pb высокотемпературные сверхпроводящие фазы с  $T_c=110-200$  К, стабильные с 2007 г. до настоящего времени [9].

Представленные результаты подтверждают определяющее влияние технологии на свойства сверхпроводящих материалов. “SFAQ” технология связана с влиянием двух основных факторов. Первый фактор - воздействие на расплав концентрированного солнечного излучения, как полихроматического спектра энергий, в результате которого каждый элемент поглощает длину волны солнечного спектра, соответствующую энергии возбуждения его валентных электронов. Тогда возможно образование высших или промежуточных валентностей катионов ( $Bi^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) и образование связей с “избыточным” кислородом, растворимость которого возрастает в расплаве при синтезе солнечной энергией. Такое состояние системы “замораживается” резкой закалкой расплава, что осуществляется “SFAQ-T”- технологией. Второй фактор заключается в плавлении и закалке расплава в резко градиентных условиях, определяющих формирование ориентированной морфологии-одного из основных условий сверхпроводимости. Результатом является образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз-гомологов.

1. Ю.Д. Третьяков, П.Е. Казин, Неорганические материалы, **1993**, 29, 12, 1571-1581.
2. P.E. Kazin, Yu.D. Tretyakov, V.V. Lennikov, Martin Jansen, Journal of Materials Chemistry, **2001**, 11, 168-172.
3. Y. Masuda, R. Ogowa, Y. Kawate, T. Tateshi, Journal of Materials Research, **1992**, 7, 2, 292-298.
4. Yu.E. Grigorashvili, Published online ISBN.978-953-51-0545-9, **2012**, 20 April, Hard cover, 436 pages.
5. В. Акопьян, И. Паринов, S. Chang, Наука и техника, **2010**, 2, 200.
6. Cyril Chiang, C.Y. Shei, Y.T. Huang, W.H. Lee, P.T. Wu, Physica C Superconductivity, **1990**, 170, 383-387.
7. Verma, R. Kumar, V. Ganesan, A. Banergee, B. Das, Journal of superconductivity and Novel Magnetism, **2012**, 25, 785-789.
8. Tarascon J.M., Le Page Y., Barboux P. et al., Phys. Rev. B, **1988**, 37, 9382-9389.
9. J.G. Chigvinadze, J.V. Acrivos, S.M. Ashimov, D.D. Gulamova, G.J. Donadze, arXiv:1710.10430, **2017**, <https://arxiv.org/abs/1710.10430>

*Благодарность:* Работа поддержана грантом Национального научного фонда Грузии им. Шота Руставели STEM-22-1030.

# MONITORING OF 70 kW ON GRID SOLAR STATION IN TERMEZ

M.N. Tursunov<sup>a</sup>, Kh. Sabirov<sup>a</sup>, S.F. Toshpulatov<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup> *Physical-Technical Institute of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Tashkent, Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Termiz State University, Termiz, Uzbekistan*

toshpulatovs@tersu.uz

Analysis of the 70 kW on-grid solar system installed on the territory of Termez State University. In this case, the power coefficient installed in the system and the energies produced on sunny and cloudy days were analyzed. Through this, the installed power coefficient of the solar plant for the city of Termez, one of the southernmost regions of our republic, was found through practical calculations and was close to the theoretical values.

The coefficient of use of the installed capacity of electric power generating stations is of great importance. Through this, it is possible to evaluate the efficiency of the station [1]. Although this coefficient is not very large in solar plants, this coefficient can be increased by improving various system parameters.

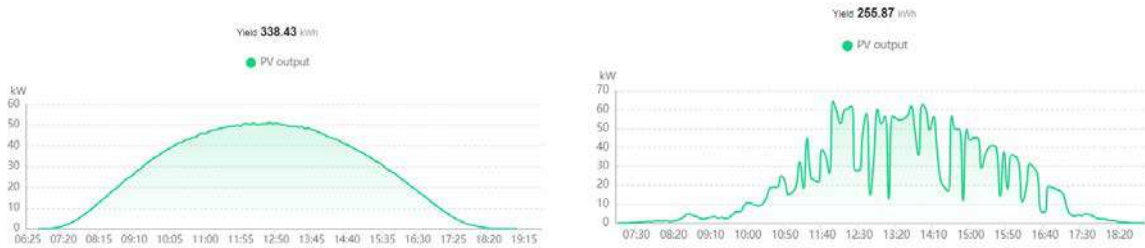
The 70 kW on-grid solar plant installed on the territory of the student residence building of Termez State University started working on October 17. During the day, it transmits the excess energy to the network and receives electricity from the network at night. The general schematic view of the system is given in Figure 1. The daily and monthly electricity generated by the station can be monitored on the Internet at <https://region02eu5.fusionsolar.huawei.com>.

We have determined the plant's installed power utilization factor using the energy produced by the plant and provide graphs of energy distribution on sunny and cloudy days.



**Figure 1.** The general schematic view of the solar system.

The graph of the energy distribution during the day on March 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> is shown in Figure 2. Sunny and cloudy days were selected. 338.43 kWh and 255.87 kWh of energy were produced on these days, respectively.



**Figure 2.** Energy distributions.

Table 1 below shows the 6 months' results of monitoring the coefficient of capacity utilization factor (CUF).

**Table 1.**

Months	October	November	December	January	February	March
CUF	13.5%	11.8%	8.1%	8.4%	13.7%	17.2%

We can see from the table that with the increase of sunny days, the size of CUF also increases. In hot climates, the electrical parameters of photoelectric panels change in different ways [2]. And besides, it is important to choose the type of panel suitable for the area of installation.

In our article, which shows the results of the CUF of solar stations in real conditions, the largest indicator for March was 17.2%. The theoretical values of this quantity are 15-20% for the regions of our country. It was found that if the system includes features such as trekker mode, dust protection system, cooling system, and autonomy, higher results will be recorded.

1. M.N. Tursunov, S.F. Toshpulatov. “Fotoelektrik qurilmalarda belgilangan quvvatdan foydalanish koeffitsientini aniqlash”, “Energiya va resurs tejamkor innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani, Qarshi-**2022**, 330-332.
2. R.A. Muminov, M.N. Tursunov, Kh. Sabirov, Sh.N. Abilfayziyev, B.A. Yuldoshov and S.F. Toshpulatov. Testing of crystalline silicon-based photoelectric and photothermal batteries in real climate conditions and comparison of parameter changes. Journal of Physics: Conference Series 2388 (**2022**) 012128. doi:10.1088/1742-6596/2388/1/012128

# THE EFFECT OF VOLTAGE ON THE SYNTHESIS OF AN AAO TEMPLATE FOR HYDROGEN CATALYSTS

F. Hoshimov<sup>a, b</sup>, S. Ibodullaev<sup>b</sup>, M. Pecherskaya<sup>b</sup>, Kh. Butanov<sup>a, b</sup>,  
Song Yoseb<sup>c</sup> and Bum Sung Kim<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *National Scientific Research Institute of renewable energy sources under Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Institute of Materials Science Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>c</sup> *Korea Institute of Industrial Technology, Incheon, Republic of Korea*

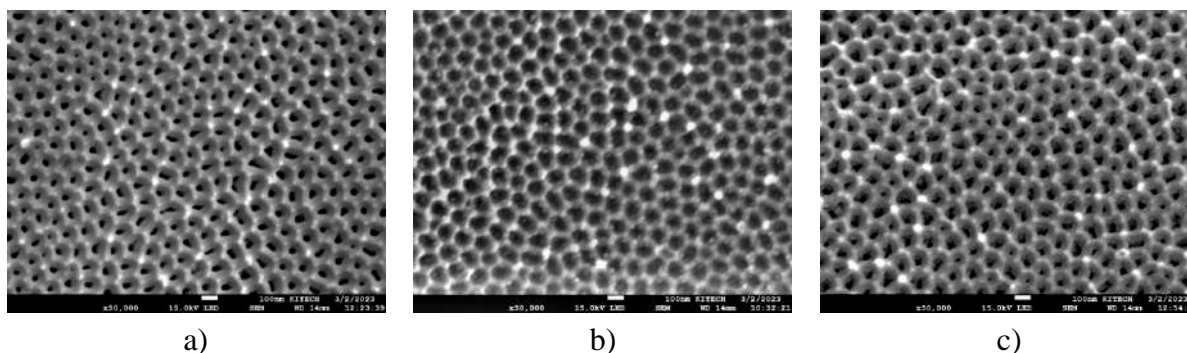
farhod2702@gmail.com

Metallic nanowires have unique physico-chemical properties that make them promising materials for various applications, including nanocatalysts, hydrogen production, and fundamental physics [1]. However, to realize their potential, it is necessary to establish a consistent method for manufacturing nanowires with specific quality and characteristics [2]. This study aims to synthesize anodic alumina oxide (AAO) templates for metal nanocatalysts using a two-step anodic oxidation process that creates highly ordered cylindrical pores. The length and diameter of the pores are controlled by optimizing the anodization conditions. Anodization at different voltages (45, 55, and 65) for four hours was conducted to investigate the voltage dependency of porous Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formation. The results demonstrate that the two-step anodic oxidation process can create highly ordered AAO templates with specific pore characteristics for various applications. This technique can be used to produce nanowires with tailored properties for various applications.

The two-step anodization process was used to prepare AAO samples with hexagonally ordered nanoporous alumina membranes. High-purity aluminum sheet was cleaned in acetone (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>), deionized water (DI), and ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) to remove impurities and grease. The substrates were then electropolished in a solution of C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH and HClO<sub>4</sub> (4:1 v/v) for 6 minutes at 20 V and 0-5°C under stirring at 450 rpm.

The first anodization step was carried out using 0.3 M oxalic acid as the electrolyte. The first step was started under mild electrochemical conditions at an anodization potential of 50 V and 5°C electrolyte temperature to produce a protective oxide layer that prevents sample burning. The first-stage anodization continued at the same temperature for 15 minutes at 50 V. The AAO layer was removed by chemical etching in a CrO<sub>3</sub> and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> mixture at 70°C for 4 hours. The second anodization step was carried out in 0.3 M oxalic acid solution, as electrolyte, for 4 hours at different anodizing potentials of 45 V, 55 V, 60 V under the constant temperature of 5°C.

The results of the SEM analysis of the samples show that the change in voltage affects the shape of the AAO pores, as shown in Figure 1.



**Figure 1.** SEM images of porous  $\text{Al}_2\text{O}_3$  following anodizing at different potentials a) 45 V b) 55 V and c) 60 V for 4 hours.

1. Mohammed H., Moreno J., Kosel J. Advanced Fabrication and Characterization of Magnetic Nanowires. *Magnetism and Magnetic Materials. Intechopen* (2018).
2. Y.K. Hong, B.H. Kim, D.I. Kim, D.H. Park, J. Joo, RSC Adv. 5 (2015) 26872–26877., T. Yanagishita, H. Masuda, *Electrochim. Acta* 184 (2015).

*Acknowledgements.* The authors gratefully thank Professor Bum Sung Kim and Dr. Song Yoseb and scientific groups from Korea Institute for Rare Metals and the Korea Institute of Industrial Technologies for assistance and valuable contributions to this work. This work was performed in the framework of the scientific internship program (Contract No. 114 from December 5, 2022) and applied scientific project (No. ФЗ-201906066) supported by the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ПОРОШКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ОРТОСТАНАТА ЦИНКА С ДОБАВКАМИ D-ЭЛЕМЕНТОВ

Н.А. Макаров, В.В. Анисимов, А.У. Абдурахимова

*Филиал РХТУ им. Д.И. Менделеева в г. Ташкенте, Ташкент, Узбекистан*  
*Branch of Dmitry Mendeleev University in the city of Tashkent, Tashkent, Uzbekistan*

nikmak-ivmt@mail.ru

Материалы на основе ортостанната цинка примечательны своей прозрачностью в видимой области спектра и относительно высокой электропроводностью, благодаря чему ортостаннат цинка может применяться при изготовлении варисторов [1], газочувствительных пленок [2], а также в качестве транспортного слоя в солнечных элементах [3]. При этом важно, чтобы керамика была плотная и беспористая, что может быть достигнуто специальными методами синтеза ортостанната цинка. Использование модифицирующих добавок как средства управления свойствами материала хорошо зарекомендовало себя в технологии керамики, однако для ортостанната цинка такие исследования немногочисленны. В настоящей работе проводится исследование

керамики в бинарной системе ZnO – SnO<sub>2</sub> с добавками оксидов марганца и никеля концентрациями 1.0; 2.5; 5.0; 7.5 и 10.0 мол. %.

С целью установления принципиальной возможности синтеза плотной керамики в системе ZnO – SnO<sub>2</sub> были синтезированы модельные составы на основе промышленно произведенных оксидов олова и цинка твердофазовым методом. Для всех составов была выбрана температура синтеза 950°C, поскольку при более низких температурах синтеза в системе наблюдались фазы исходных оксидов. Введение 5 мол. % оксида марганца в ортостаннат цинка, полученный методом твердофазного синтеза из промышленных оксидов, позволяет получать однофазные твердые растворы при температуре обжига 1400°C, а керамику, перспективную для использования в солнечной энергетике – при температуре обжига 1450°C. Для материалов с добавкой оксида никеля нулевой открытой пористости добиться не удастся, несмотря на образование твердых растворов при температуре обжига 1450°C и содержании добавки в 5 мол. %.

Дальнейшие исследования с целью установления возможности синтеза плотной керамики в системе ZnO – SnO<sub>2</sub> проводили на модельных составах на основе порошков, полученных из водных полимерно-солевых систем с использованием СВЧ-излучения. Ранее произведенные эксперименты показали, что оптимальными исходными веществами для синтеза ортостанната цинка методом полимерно-солевого гидролиза являются хлорид олова (IV) и нитрат цинка, температура синтеза 900°C [4]. Максимальной плотности керамики удастся добиться при температуре обжига 1400°C и содержании модифицирующей добавки в 5 мол. %. Твердые растворы образуются при температуре обжига 1300°C и добавки количеством в 5 мол. %. Аналогичная ситуация наблюдается для материалов, модифицированных оксидом никеля.

Измеренные электрофизические характеристики позволяют сделать предположение, что полученная плотная керамика может применяться в различных областях техники и технологиях, поскольку данные о структуре керамики соответствуют литературным данным о требованиях, предъявляемых к подобным материалам. Электрофизические свойства полученных образцов сопоставимы с параметрами используемых на данный момент соединений:  $\epsilon = 10$ ,  $\text{tg}\delta = 5 \cdot 10^{-3}$ ,  $\rho_v = 10^{10}$  Ом·см.

Таким образом, введение 5 мол. % оксида марганца или оксида никеля в ортостаннат цинка, полученный методом полимерно-солевого гидролиза, позволяет получать однофазные твердые растворы при температуре обжига 1300°C, а плотную керамику, перспективную для использования в солнечной энергетике – при температуре обжига 1400°C. Специальные химические методы подготовки порошков позволяют снизить температуру синтеза твердых растворов и спекания керамики как минимум на 100°C.

1. S.S. Mihaiu, A. Toader, I. Atkinson, *Ceramics International*, **2015**, 41 (3), 4936-4945.



2. С.А. Белоусов, А.А. Носов, С.И. Рембеза, *Электроника и нанотехнологии*, **2016**, 10, 19-24.
3. F. Sadegh, S. Akin, M. Moghadam, *Nano energy*, **2020**, 75.
4. В.В. Анисимов, А.В. Сапрыкин, Н.А. Макаров, *Стекло и керамика*, **2021**, 4, 20-25.

## **НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

**И.Ж. Абдисаидов, С.Г. Гуломжанова, У.Б. Рахмонова, Х.Б. Ашуров**

*Институт ионно-плазменных и лазерных технологий им. У.А. Арифова АНРУз,  
Ташкент, Узбекистан*

ilyos.abdisaidov@mail.ru

Углеродные нанотрубки (УНТ), благодаря своим свойствам в части прочности, гидрофильности, бактерицидности и т.д., широко используются во многих отраслях современной науки и техники [1]. Выращивание УНТ в основном проводится тремя способами: дуговым разрядом, лазерным испарением и методом химического осаждения из паровой фазы (CVD). Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Так выход годных УНТ при дуговом разряде не очень высокий, по сравнению с лазерным испарением [2], но при этом последний метод является наиболее затратным. Преимущество метода CVD заключается в том, что УНТ можно изготавливать непрерывно в большом количестве и при контролируемых условиях [3]. Физика процесса достаточно проста: пар газа-прекурсора вступает в контакт с «горячими» частицами металлического катализатора, и он сначала высвобождает атомы углерода и атомы водорода, атомы водорода удаляются, а атомы углерода растворяются в металле катализатора. После достижения предела растворимости атомов углерода в металле катализаторе при данной температуре реакции, растворенный углерод начинает накапливаться в направлении продольного роста нанотрубки.

Для синтеза УНТ с использованием процесса CVD обычно требуются наноразмерные частицы металлического катализатора, чтобы обеспечить разложение углеводородов при температуре ниже, чем температура их самопроизвольного разложения.

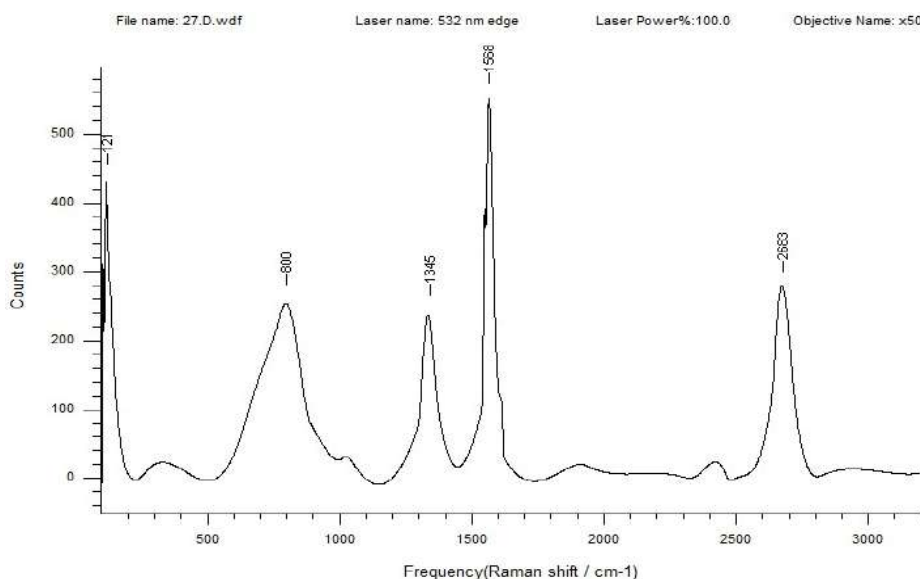
Наиболее часто используемыми для этих целей металлами являются Fe, Co, Ni. Выбор этих металлов обусловлен:

1. Высокой растворимостью углерода Fe, Co, Ni при высоких температурах;
2. Высокой диффузионной способностью атомов углерода в этих металлах. Кроме того, высокая температура плавления и низкое равновесное давление паров этих металлов обеспечивают широкий температурный диапазон CVD для процесса применением различных прекурсоров углерода.

Нами успешно проведен синтез углеродных нанотрубок, диаметром ~2 нм с использованием наночастиц никеля. Углеродные нанотрубки получали методом CVD, а в качестве углеводорода использовали пары этанола. Синтез УНТ вели при температуре 500°C в течение 0.5 часов. Характеристики полученных УНТ исследовали с помощью

Рамановского спектрометра, возбуждаемого лазерным излучением с длиной волны 532 нм. Эти результаты приведены на рис. 1.

Видно, что D пик приходится на  $1345\text{ см}^{-1}$ , G пик на  $1568\text{ см}^{-1}$ , а G' пик  $2683\text{ см}^{-1}$  и RBM пик на частоте  $121\text{ см}^{-1}$ . Следовательно, используя Ni в качестве катализатора с помощью метода CVD нами получены одностенные УНТ. Новизна реализованного нами процесса состоит в снижении температуры процесса за счет использования в качестве углеводорода этанола, а в качестве катализатора - металлического никеля, получаемого восстановлением «*in situ*», из его оксида, что позволило обеспечить воспроизводимое по качеству производство целевого продукта при малой энергоёмкости процесса.



**Рисунок 1.** Рамановские спектры одностенной УНТ с использованием нанокатализатора никеля

1. L. Camilli, M. Passacantando. Chemosensors **2018**, 6, 62-78.
2. M. Tehrani, P. Khanbolouki. In: Advances in Nanomaterial's **2018**, 3, 3-35.
3. K. Awasthi, A. Srivastava, O.N. Srivastava. Journal of Nanoscience and Nanotechnology **2005**, 5, 1616-1636

## **ТЕРМОДАТЧИКИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ АТОМОВ НИКЕЛЯ**

М.К. Азизов, А.Ш. Мавлянов

*НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз, Ташкент, Узбекистан*

*microelectronics74@mail.ru*

Разработаны высокочувствительные датчики на основе кремния с кластерами атомов никеля и композиционных материалов с наночастицами. Разработанные на основе таких датчиков электронные устройства позволяют одновременно контролировать и автоматизировать процесс управления температурой и влажностью

различных объектов (сельхозпродуктов, молочных продуктов, при геологических измерениях, в холодильной промышленности и т.д.) при различных экстремальных условиях. Измеренные данные сохраняются в памяти контроллера.

Для этого нами были использованы термодатчики на основе кремния с нанокластерами атомов никеля [1]. Такие датчики имеют размер  $1 \times 1 \times 0.5 \text{ мм}^3$  с термочувствительным коэффициентом температурной чувствительности  $\beta = 5500 \div 7000$  кельвин с номинальным сопротивлением  $R = 4 \cdot 10^4 \div 5 \cdot 10^5$  Ом. Время установления и время восстановления 5-10 сек. Для измерения влажности был использован чувствительный датчик влажности на основе композиционного материала с наночастицами [2]. Принцип работы такого датчика основан на изменении его электрического сопротивления при поглощении влаги окружающей среды. Следует отметить, что при этом сопротивление датчика имеет слабую зависимость от изменения температуры окружающей среды. Предварительные исследования чувствительности датчика к влажности воздуха показали, что при изменении величины влажности от 0 до 100% электрическое сопротивление изменяется от 80 кОм до 10 кОм. Таким образом, данный датчик имеет достаточно высокую чувствительность. Оба датчика разработаны в нашей лаборатории НИИ ФПиМ при НУУз. На основе этих датчиков нами разработан электронный регулятор влажности и температуры на базе микроконтроллера с выводом показаний на LED индикаторах.

Прибор может быть использован для непрерывного измерения и контроля температуры и влажности различных объектов, в том числе объектов, находящихся в экстремальных условиях.

Прибор удобен в использовании и разработан в компактном исполнении. По сравнению с зарубежными аналогами интервал измерения шире, характеризуется сравнительно малым потреблением энергии и конкурентоспособной ценой.

Принцип работы прибора основаны на изменении резистивного сопротивления датчиков температуры и влажности. Сигналы от датчиков принимаются отдельными портами микроконтроллера. Дальнейшие, цифровые данные обрабатываются программным обеспечением, результаты измерений отображаются в градусах и процентах. Для управления внешними цепями нагревателя и увлажнителя отправляются сигналы отдельными портами микроконтроллера реле.

Чувствительности датчиков температуры увеличены созданием в объеме материала кластеров атомов никеля. Параметры таких материалов хорошо изучены авторами работ [1, 2], и были получен патент IAP 20090111 на термодатчик.

1. Прибор для непрерывного измерения и контроля температуры. Бахадырханов М.К., Азизов М.К., Мавлянов А.Ш. Шестая международная конференция «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов» г. Москва, 2015, стр. 52
2. Высокочувствительный датчик влажности на основе композиционных материалов. М. Азизов, С.В Ковешников, Б.Р Рахмонов. Тезис докладов IV Международная

конференция «Актуальные проблемы молекулярной спектроскопии конденсированных сред» г. Самарканд, 2013, стр. 168.

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ ДЛЯ АНОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Х.Х. Ахунов, А.А. Аввалбоев, Х.Х. Зохидов, М.Ш. Курбанов

*Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

В последние годы литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) стали ключевым компонентом многих электронных устройств и электромобилей, и они являются одними из самых распространенных типов аккумуляторов благодаря своим высоким показателям энергоемкости, производительности и безопасности. Они широко используются в мобильных устройствах, электромобилях, инструментах и системах хранения энергии, где требуется высокая производительность и надежность.

Важной компонентой литий-ионных аккумуляторов является анодный материал, который играет решающую роль в общей производительности батареи. Аноды литий-ионных аккумуляторов обычно состоят из графита или других углеродных материалов, которые обладают способностью встраивать и высвобождать литий-ионы. Графитовый анод является самым распространенным в литий-ионных аккумуляторах. Он имеет стабильную структуру, хорошую электропроводность и может встраивать до 1 лития на каждые 6 атомов углерода в своей кристаллической решетке. Однако графит имеет ограничения в своей емкости (372 мАч/г), что ограничивает производительность батарей [1].

В последнее время активно ищутся новые пути и материалы для создания высокопроизводительных литий-ионных аккумуляторов. Одним из перспективных направлений является использование материалов на основе кремния для анодов ЛИА. Кремний Si и его оксиды SiO, SiO<sub>2</sub> обладают высокой теоретической емкостью (4200, 2600 и 1965 мАч/г, соответственно), что означает, что они могут хранить больше энергии на единицу массы по сравнению с традиционным графитом [2]. Однако кремний имеет некоторые недостатки, которые необходимо учитывать при его использовании в литий-ионных аккумуляторах. Один из главных недостатков заключается в том, что при зарядке и разрядке аккумулятора кремний может расширяться, что может привести к повреждению структуры анода, снижению электропроводности и производительности аккумулятора.

В данной работе обсуждается получение композитного материала на основе кремния для анодов литий-ионных аккумуляторов из отходов металлургической промышленности. Медные шлаки могут быть использованы для синтеза кремниевых материалов благодаря содержанию в них значительного количества кремнезема (до 35%), который может быть извлечен и использован в качестве сырья для производства кремниевых материалов. В результате был получен диоксид кремния с размерами 100-

200 нм. Синтез диоксида кремния фторидным методом при температурах не более 400°C из медных шлаков является экономически выгодным решением, которое позволит утилизировать побочный продукт медной промышленности и получать ценный продукт.

Синтезированный оксид кремния для получения композитного материала использовался в сочетании с углеродом для улучшения электропроводности и увеличения энергетической плотности. Для создания композита SiO<sub>2</sub>/C в качестве углерода использовали остатки графитированного электрода сталеплавильной электродуговой печи. Композит был получен путем отжига в атмосфере аргона при температуре 500°C. В результате отжига формируется слой на поверхности диоксида кремния. Этот слой может обеспечивать электропроводность, что улучшает электропроводность всего анодного материала. Более того, отжиг может также изменить структуру поверхности диоксида кремния, что увеличивает его площадь поверхности и способность к хранению лития. Таким образом, данный метод может быть эффективным способом улучшения электропроводности диоксида кремния и, следовательно, повышения его эффективности в качестве анодного материала в ЛИА.

Содержание углерода в композите с диоксидом кремния может оказывать существенное влияние на его электропроводность и свойства в качестве анодного материала в литий-ионных аккумуляторах. Определили параметры электропроводности композитного материала при различных содержаниях углерода (таблица 1).

**Таблица 1.**

№	C (масс. содер. %)	Сила тока, мА	Потенциал $U_{23}$ , мВ	Удельное сопротивление, МОм/м
Образец 1	70	0.4557	0.076	<b>2.66</b>
Образец 2	50	0.4556	0.281	<b>9.84</b>
Образец 3	30	0.4559	1.599	<b>55.9</b>
Графит	100	0.4560	0.002	<b>0.07</b>

Повышенное содержание углерода может привести к более высокой электропроводности композита, что может улучшить его производительность в качестве анодного материала. Однако, слишком высокое содержание углерода может привести к нежелательным эффектам, таким как пониженная емкость и механическая прочность. Следовательно, оптимальное содержание углерода в композите с диоксидом кремния должно быть выбрано с учетом требуемых свойств анодного материала, таких как электропроводность, емкость и механическая прочность.

Композитный материал из графитированного углерода и диоксида кремния имеет высокую электропроводность, что делает его привлекательным для использования в качестве анодного материала. Кроме того, диоксид кремния может улучшить механические свойства материала и уменьшить объемные изменения при заряде и разряде, что может увеличить жизненный цикл аккумулятора.

Таким образом, создание композитного материала из графитированного электрода и диоксида кремния, полученного из медных шлаков, может быть перспективным подходом для разработки экономически эффективных и производительных анодных материалов для литий-ионных аккумуляторов.

1. Cao, L., et al., *Amorphous SiO<sub>2</sub>/C composite as anode material for lithium-ion batteries*. Journal of Materials Research, 2018. **33**(9): p. 1219-1225.
2. Liu, Z., et al., *Silicon oxides: a promising family of anode materials for lithium-ion batteries*. Chemical Society Reviews, 2019. **48**(1): p. 285-309.

## ФТОРИДЛИ ЭЛЕКТРОЛИТЛАРНИНГ ТИТАН ДИОКСИДИ НАНОТРУБКАСИ СИНТЕЗИДАГИ РОЛИ

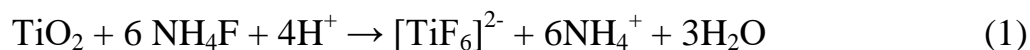
Д.Б. Бойқобилов<sup>а</sup>, Ш.Х. Жумағулов<sup>а</sup>, О.Н. Рўзимуратов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

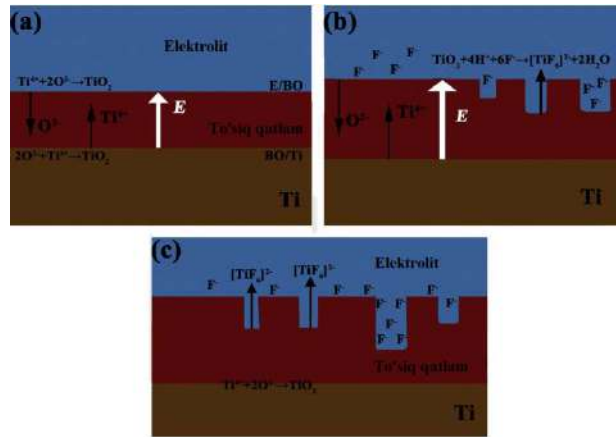
<sup>б</sup> Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети

dilshodkimyo1988@gmail.com

Нанотрубкаларни синтез қилиш жараёнида содир бўладиган кимёвий жараёнлар анчагина мураккабдир. Фторидли электролитларда титан диоксиди нанотрубкалари (ТНТ)нинг анодли оксидланишида ҳосил бўлишини бир вақтнинг ўзида қуйидаги жараёнлар бошқаради: титан металл пластинкасининг электролит таъсирида оксидланиши (1), ва Тi ионларининг электр майдонда кимёвий эриши кузатилади (2) [1].



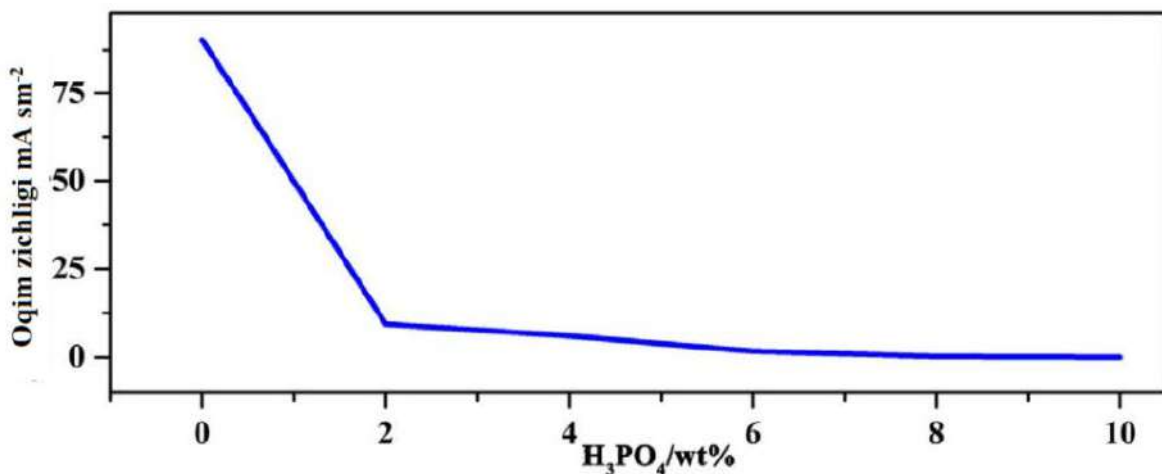
Фторид ( $\text{F}^-$ ) ионлари икки чегарада ҳосил бўлади, дастлаб металл/оксид интерфейсида қатлами тахминан 15 нм қалинликдаги фторидли қатлам ҳосил бўлади, сўнгра оксид/электролит интерфейсида  $[\text{TiF}_6]^{2-}$  ҳосил бўлади (1-расм). Дастлаб  $\text{F}^-$  ионлари оксид қаватни эритади, сўнгра электролит қолдиғи билан килород пуфакчалари мавжуд “чукур” ларни кенгайтиради ва электролит таркидаги  $\text{F}^-$  ионлари металл субстрат томонга ҳаракатланади.  $\text{F}^-$  ионларининг бундай миграцияси металл оксидларида ғовақлар шаклланишида муҳим аҳамият касб этади [2].



**1-Расм.**  $TiO_2$  нанотрубкеси ҳосил бўлишининг уч босқичини кўрсатадиган схематик диаграмма, (а) фазалараро тўсиқ оксидининг ҳосил бўлиши, (б) электролитлар/тўсиқ оксиди (Э/ВО) фазалари ўртасида содир бўладиган реакция, (с) ғовакларнинг шаклланиши.

Одатда фторидли бирикмалар органик электролитлар билан биргаликда қўлланилади. Агарда ноорганик электролитлар билан биргаликда қўлланилса ( $NH_4F/H_3PO_4$ )  $H_3PO_4$  нинг қўшилиши нанотрубка ғовакларини шакллантириш жараёнини узайтириши аниқланган. Аралаш электролитлардаги оқим зичлиги  $NH_4F$  электролитларига қараганда анча паст, чунки  $PO_4^{3-}$  анионлари  $F^-$  анионларининг миграциясига тўсқинлик қилади (2-расм). Бу тўсиқ оксидининг қалинлашишига, шунингдек, ион оқими ва электрон оқимнинг пасайишига олиб келади. Бу жараён кислород эволюциясини кечиктиради, қалинроқ ихчам оксидли қатлам ҳосил бўлади.

Бундан ташқари,  $PO_4^{3-}$  анионлари  $O^{2-}$  ва  $Ti^{4+}$  ионларининг кўчишига ҳам тўсқинлик қилади. Шунинг учун ўсиш тезлигининг сезиларли пасайиши билан ион оқимига таъсир қилади. Натижада, аралаш электролитларда каттароқ диаметрли, аммо узунлиги қисқароқ бўлган нанотрубкалар шаклланади [3].



**2-Расм.**  $H_3PO_4$  концентрациясининг оқим зичлигига боғлиқлик эгри чизиғи

1. M. Paulose, K. Shankar, S. Yoriya, H.E. Prakasam, O.K. Varghese, G.K. Mor, T.J. LaTempa, A. Fitzgerald, and C. Grimes: J. Phys. Chem. B Vol. 110 (2006), p.16179.

2. C.Y. Chen, K. Ozasa, F. Kitamura, K. Katsumata, M. Maeda, K. Okada, N. Matsushita, Self-organization of TiO<sub>2</sub> nanobamboos by anodization with deep eutectic solvent, *Electrochim. Acta* 153 (2015) 409–415.
3. Chen S. et.al. Morphology evolution of TiO<sub>2</sub> nanotubes by a slow anodization in mixed electrolytes // *Surface and Coatings Technology*. – 2017. – Т. 321. – С. 257-264.

## **МИКРОСТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНЕТРОННО НАПЫЛЁННЫХ ПЛЁНОК In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА**

В.Ф. Гременок<sup>a</sup>, К.П. Бускис<sup>a</sup>, А.Н. Петлицкий<sup>b</sup>, Т.В. Петлицкая<sup>b</sup>,  
С.Х. Сулейманов<sup>c</sup>, Н.А. Кулагина<sup>c</sup>, В.Г. Дыскин<sup>c</sup>, М.У. Джанклич<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по  
материаловедению, Минск, Беларусь*

<sup>b</sup> *ОАО “ИНТЕГРАЛ” – управляющая компания холдинга “ИНТЕГРАЛ”, Минск,  
Беларусь*

<sup>c</sup> *Институт материаловедения АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

gremenok@physics.by

В настоящее время тонкоплёночные солнечные элементы обычно включают буферные слои CdS *n*-типа, получаемые методом осаждения в химической ванне [1, 2]. Сульфид индия (In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) рассматривается как альтернатива CdS, обладающий шириной запрещённой зоны 2.1-3.3 эВ, высоким коэффициентом пропускания, а также структурной стабильностью и низкой токсичностью [3]. В настоящей работе изучено влияние термического отжига на микроструктуру и оптические свойства пленок In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> на стеклянных подложках, полученных магнетронным напылением на переменном токе.

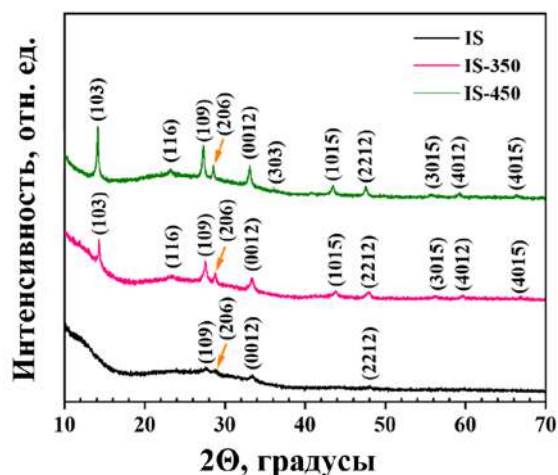
Плётки In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> толщиной 280-290 нм наносились методом магнетронного распыления при температуре подложки 150°C. Термический отжиг проводился в атмосфере аргона при 350°C и 450°C в течение 30 мин. Рентгенограммы осажденных и термически отожженных пленок In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> показаны на рис. 1. Исходная пленка (образец IS) и после термического отжига при 350°C (образец IS-350) и 450°C (образец IS-450) демонстрируют дифракционные рефлексы, соответствующие тетрагональной фазе β-In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. По мере повышения температуры отжига интенсивность пиков повышается и наблюдается преимущественная ориентация в плоскости (103). Сканирующая электронная микроскопия показала, что пленки состоят из компактно выращенных зерен с четкими границами и имели незначительный дефицит серы в химическом составе.

Спектры пропускания пленок In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, измеренные в спектральной области от 200 до 1100 нм, демонстрировали пропускание 53% - 55% в видимой области спектра. Спектральные зависимости коэффициента поглощения показали, что с ростом температуры отжига ширина запрещенной зоны увеличились от 2.52 до 2.56 эВ и от 2.24 до 2.36 эВ для прямых и непрямых оптических переходов, соответственно.



Показано, что использование полученных пленок в тонкопленочных солнечных элементах Ni/Al/Ni/AZO/i:ZnO/In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/Cu<sub>2</sub>SnS<sub>3</sub>/Mo/стекло позволило получить эффективность фотопреобразования порядка 3.12%.

Таким образом показано, что температура термического отжига 450°C для пленок In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, полученных магнетронным напылением, является оптимальной для улучшения их физических характеристик с целью применения в тонкопленочных солнечных элементах в качестве без кадмиевого буферного слоя.



**Рисунок 1.** - Рентгенограммы плёнок In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> после осаждения и отжига при температурах 350°C и 450°C

1. T. Kato, J.-L. Wu, Y. Hirai, *IEEE J-PV*, **2018**, 9(1), 325-330.
2. J. Tao, J. Liu, L. Chen, *Green Chem.*, **2016**, 18(2), 550-557.
3. M.A. Mughal, R. Engelken, R. Sharma, *Sol. Energy*, **2015**, 120, 131-146.

*Благодарность:* Работа выполнена при поддержке БРФФИ и Белорусско-Узбекского проекта МРБ-АН-2019-17, финансируемого из бюджета Министерства Инновационного Развития Республики Узбекистан.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ И ДАТЧИКОВ

М.В. Долгополов<sup>a, b</sup>, М.В. Елисов<sup>a</sup>, И.Р. Рахманкулов<sup>c, a</sup>

<sup>a</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Российская Федерация

<sup>b</sup> Самарский государственный технический университет, Российская Федерация

<sup>c</sup> ТП «АиСТ», Самара, Российская Федерация

mikhaildolgopolov68@gmail.com

Представлен комплекс программ для построения последовательности энергетических зон гетеропереходов и анализа распределения носителей зарядов в гетероструктуре и внутренних характеристик для описания процессов переноса и

аккумулирования заряда. Основными элементами материалов задаются полупроводники, металлы контактных структур и области инжекции неравновесных носителей. В конечном итоге, программы позволяют определять конструктивные характеристики материалов, активных зон и областей пространственного заряда, вычислять квазиуровни Ферми и встроенные потенциалы, а также эффективность гетероструктур в целом.

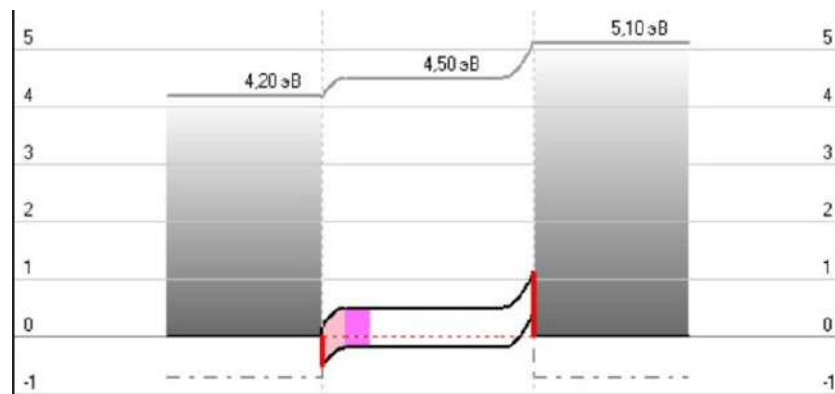
Композитные фотобетаэлектрические гетеропереходные элементы, изготовленные из различных полупроводников *n*- и *p*-типа, сегодня представляют повышенный интерес с точки зрения фото- и бета-вольтаики. Когда ячейка освещена или облучена, в каждой точке генерации создается одинаковая плотность носителей *n* и *p*, но это приводит к значительно большему увеличению относительной концентрации для второстепенных носителей, чем для основных носителей. Чтобы создать эффективный фотобетаэлектрический гетеропереход, необходимо исследовать электронные свойства используемых легирующих примесей и их правильное распределение в области перехода.

Приводится обзор известных программ оптимизации гетероструктур для неравновесных процессов с инжекцией внешнего и внутреннего облучения для прикладного использования в датчиках и преобразователях.

В отчете представлено использование квазиуровней Ферми для описания эффекта генерации напряжения в разомкнутой цепи во время работы фотобетагеттера. Носители зон проводимости и валентности могут создавать фотобетаэлектрическое напряжение подобно двум независимым элементам. Для некоторых диапазонов излучения высокой энергии, когда генерируются неосновные электроны, элемент с проводящими контактами создает значение разомкнутой цепи. Для других диапазонов излучения возможно, что при образовании неосновных носителей дырок ячейка валентной зоны создает значение разомкнутой цепи. В случае общей генерации неосновных электронов и дырок в обоих элементах они вносят вклад в напряжение разомкнутой цепи, что позволяет нам исследовать взаимовлияние факторов друг на друга и явления самоорганизации.

В целом программа позволяет смоделировать композитную гетероструктуру с металлизацией, оптимизировать ее с целью повышения эффективности преобразования энергии фото- и бета-излучения.

Представленное исследование является вкладом в оптимизацию солнечных элементов, фотобетапреобразователей и датчиков-сенсоров и представляет комплекс моделирования и анализа, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях и разработках. Отчет завершается предложениями по прикладным задачам.



**Рисунок 1.** Пример металлизированной гетероструктуры с инжекцией

1. А.В. Гурская, М.В. Долгополов, С.А. Раджапов, В.И. Чепурнов. Контакты для SiC-преобразователей в диапазоне нано-микроватт. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2023. №1. 2310103.

## **КОМПОЗИЦИОННАЯ КЕРАМИКА КАРБИД КРЕМНИЯ/ КРЕМНИЙ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА С ФАЗОВЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ**

\*П.С. Гринчук, А.В. Акулич, М.О. Стёпкин, М.С. Третьяк, В.В. Чупрасов

*Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

gps@hmti.ac.by

Представлены результаты тепловых испытаний разработанной композиционной карбидокремниевой керамики, содержащей от 5 до 30 об. % свободного кремния. Испытания ориентированы на оценку возможности использования такой керамики в качестве наружного слоя комбинированной тепловой защиты спускаемых космических аппаратов. Испытываемые образцы изготовлены в форме дисков диаметром 50 мм и толщиной 5-10 мм. Испытания показали, что разработанная карбидокремниевая керамика характеризуется высокой температурой эксплуатации ( $\sim 2000^\circ\text{C}$ ), стойкостью к тепловому удару (скорость нагрева  $\sim 65\text{ K/s}$ ), что обусловлено ее высокой теплопроводностью до  $180\text{ Вт/(м К)}$ . Керамика может выдерживать высокие тепловые нагрузки  $\sim 2\text{-}10\text{ МВт/м}^2$  в течение значительного времени, при этом обладает относительно низкой плотностью  $3.1\text{ г/см}^3$ . В сопоставимых условиях испытаний созданный материал превосходит в 1.5–2.5 раза псевдосплав WCu по скорости уноса массы, при этом обладает в 5.5 раз меньшей плотностью. Благодаря наличию в материале свободного кремния поглощение больших потоков тепла может происходить за счет плавления и испарения кремния. Этот факт получил экспериментальное подтверждение. Обсуждается проблема снижения каталитической активности керамики, работающей в окислительной атмосфере при высоких температурах (выше

1600°C) за счет образующегося на ее поверхности слоя диоксида кремния. Отмечается актуальность тепловых испытаний больших образцов разработанной керамики на солнечной печи.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ FeSe-CuInSe<sub>2</sub> И MnSe-CuInSe<sub>2</sub> В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ВЛАЖНОСТИ И ОСВЕЩЕНИЯ

Е.А. Диденко<sup>а, б\*</sup>, А.С. Doroshkevich<sup>б, в</sup>, U.F. Samedovaa<sup>б, и</sup>, А.К. Kirillov<sup>б</sup>, Т.А. Vasilenko<sup>г</sup>, В.Л. Oksengendler<sup>д</sup>, N.N. Nikiforova<sup>д</sup>, М. Balasoui<sup>б, г</sup>, D. Mardare<sup>з</sup>, С. Mita<sup>з</sup>, А. Stanculescu<sup>ж</sup>

<sup>а</sup> *Dubna State University, Dubna, Russia*

<sup>б</sup> *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

<sup>в</sup> *Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O. Galkin, Kiev, Ukraine*

<sup>д</sup> *Saint-Petersburg Mining University, St.-Petersburg, Russia*

<sup>и</sup> *Ion-plasma and laser technologies Institute after U.Arifov, Uzbekistan, Tashkent*

<sup>г</sup> *Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH), Bucharest Romania*

<sup>ж</sup> *«Alexandru Ioan Cuza» University of Iasi, Faculty of Physics, Romania*

<sup>з</sup> *National Institute for Materials Physics (NIMP), Romania*

<sup>и</sup> *Institute of Physics, National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

dea.21@uni-dubna.ru

В настоящее время актуальна проблема возобновляемых источников энергии в связи с истощением традиционных энергоресурсов [1, 2]. В этом аспекте проведена большая работа в области разработки преобразователей в электрический вид солнечной энергии [3, 4]. Разрабатываются новые устройства, в основе которых лежат новые физические принципы. В частности, получены обнадеживающие результаты в области адсорбционной электроэнергетики [5, 6]. Разработки устройств, способных преобразовать химическую энергию адсорбции молекул атмосферной влаги в электрический вид, в том числе путем электростатического захвата заряда микроскопических капель воды [7] с использованием электрострикции, вызванной адсорбцией воды [8] и др. [9, 10, 11].

Актуальным является исследование электрических свойств наноструктурированных кристаллов FeSe-CuInSe<sub>2</sub> и MnSe-CuInSe<sub>2</sub> на постоянном токе, что было целью данной работы.

В качестве исследуемых объектов использовались кристаллы двух составов: 10mol%MnSe-90mol%CuInSe<sub>2</sub> и 5mol%FeSe-95mol%CuInSe<sub>2</sub>, полученные с использованием химической технологии [12]. Вольтамперограммы (ВАС) были получены в режиме линейной развертки на устройстве R-20 ("Elinns") в режиме насыщения влагой в трех точках (75, 35 и 26% ±5%). Камера для образцов представляла собой закрытый контейнер объемом 350 мл с контролируемой атмосферной влажностью с помощью солей MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (35%) и NaCl (75%) [13].

Установлен новый размерный эффект коммутации электрического параметра. Сделано предположение, что наблюдаемые особенности поведения исследуемых систем в условиях увлажнения и освещения обусловлены бимодальным строением образца. Крупные монокристаллы являются эффективными фотоадсорберами, а нанопоры являются физико-химическими реакторами протонов. Установлено, что повышение влажности свыше 35% приводит к появлению нелинейных участков ВАХ. Установленные эффекты могут найти применение наноэлектронике при разработке новых устройств микросистемной технике и др.

1. Любарская М.А. Обзор тенденций инновационного развития технологий возобновляемой энергетики //Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – №. 3. – С. 54-54.
2. Чернышев А.С., Мордвинов С.Е. Обзор возобновляемых источников энергии //Юность и знания-гарантия успеха-2019. – 2019. – С. 146-149.
3. Стребков Д.С. и др. Солнечная энергетика: состояние и перспективы развития //Техника и оборудование для села. – 2019. – №. 3. – С. 43-47.
4. Тычков А.Ю. и др. Альтернативная энергетика на объектах военного назначения: литературный обзор //Вестник Пензенского государственного университета. – 2020. – №. 4 (32). – С. 101-106.
5. S. Doroshkevich, A.I. Lyubchik, A.V. Shilo, T.Yu. Zelenyak, V.A. Glazunovae, V.V. Burhovetskiy, A.V. Saprykina, Kh.T. Holmurodov, I.K. Nosolev, V.S. Doroshkevich, G.K. Volkova, T.E. Konstantinova, V.I. Bodnarchuk, P.P. Gladyshev, V.A. Turchenko, S.A. Sinyakina Chemical-Electric Energy Conversion Effect in Zirconia Nanopowder Systems. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2017, Vol. 11, No. 3, pp. 523–529. DOI: 10.1134/S1027451017030053
6. S. Doroshkevich, A.I. Lyubchik, A.V. Shilo, T.Yu. Zelenyak, V.A. Glazunovae, V.V. Burhovetskiy, A.V. Saprykina, Kh.T. Holmurodov, I.K. Nosolev, V.S. Doroshkevich, G.K. Volkova, T.E. Konstantinova, V.I. Bodnarchuk, P.P. Gladyshev, V.A. Turchenko, S.A. Sinyakina Chemical-Electric Energy Conversion Effect in Zirconia Nanopowder Systems. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2017, Vol. 11, No. 3, pp. 523–529. DOI: 10.1134/S1027451017030053
7. N. Miljkovic, D. Preston, R. Enright, and E. Wang. Jumping-droplet electrostatic energy harvesting // Applied physics letters. 2014. V. 105, P.013111.
8. Georgen B., Nienhaus H., Weinberg W.H., Mc Farland E. Chemically induced electronic excitations at metal surfaces // Science. 2001. V.294. P. 2521–2523.
9. Leandra P. Santos, Telma R.D. Ducati, Lia B.S. Balestrin, and Fernando Galembeck. Water with Excess Electric Charge // J. Phys. Chem. C 2011, 115, 11226 –11232. Dx. Doi.org/10.1021/jp202652q.
10. Rubia F. Gouveia and Fernando Galembeck. Electrostatic Charging of Hydrophilic Particles Due to Water Adsorption // J. AM. CHEM. SOC. 2009, 131 , 11381–11386 9 11381.
11. Rubia F. Gouveia, Carlos A. R. Costa, and Fernando Galembeck. Water Vapor Adsorption Effect on Silica Surface Electrostatic Patterning // J. Phys. Chem. C 2008, 112, 17193–17199.
12. Sh.M. Gasanly, A.A. Abdurragimov, and U.F. Samedova. The Electric and Thermoelectric Properties of CuIn<sub>2</sub>S<sub>3</sub> based Chalcopyrite // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2012, Vol. 48, No. 5, pp. 439–443, 1068-3755, DOI 10.3103/S106837551205004.

13. Относительная влажность воздуха над насыщенными растворами/ А.Г. Терещенко – Томск, 2010. – 22 с.
14. Е.А. Gridina The effect of percolation electrical properties in Hydrated nanocomposite systems based on polymer Sodium alginate with a filler in the form nanoparticles  $ZrO_2$  -3mol%  $Y_2O_3$  // Advanced Physical Research Vol.1, No.2, 2019, pp.70-80.

*Acknowledgments.* The study was performed in the framework of the JINR-Romania cooperation program in 2022 (topic 03-4-1128-2017/2022).

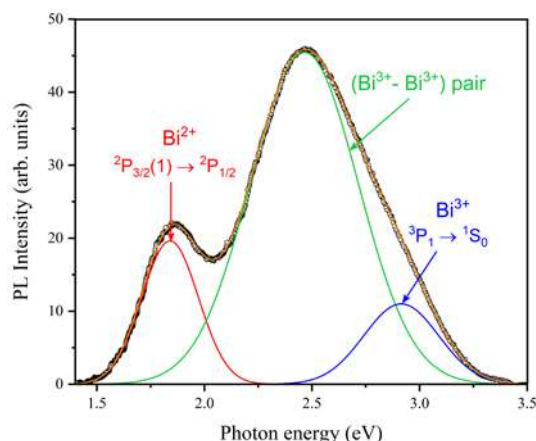
## **ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ, ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ ИОНАМИ ВИСМУТА, ДЛЯ МУЛЬТИЦВЕТНОЙ КОНВЕРСИИ ИЗЛУЧЕНИЯ UV-VIS ДИАПАЗОНОВ**

А.Ф. Зацепин<sup>a</sup>, Ю.А. Кузнецова<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия*

a.f.zatsepin@urfu.ru

Преобразование электромагнитного излучения лежит в основе широкого круга практических применений (светодиоды, солнечные элементы, фото- и биосенсоры и др.) [1]. Оксиды редкоземельных элементов (в частности, оксид гадолиния) перспективны в качестве матриц для создания даун-конверсионных и ап-конверсионных материалов. Преобразование энергии типа «UV-Vis» и «Vis-IR» возможно при легировании  $Gd_2O_3$  редкоземельными ионами, например, ионами  $Er^{3+}$  и  $Yb^{3+}$  [2]. В то же время основным недостатком конверсии излучений с использованием редкоземельных ионов является достаточно узкий спектральный диапазон поглощаемого и излучаемого света, что связано с особенностями электронной конфигурации ионов-активаторов. Преимущество висмута как иона-активатора состоит в многообразии валентных состояний, обеспечивающих реализацию оптических переходов в широком спектральном диапазоне от UV до IR [3]. В настоящей работе представлены комплексные результаты исследования электронной структуры и фотоиндуцированных процессов в пленках  $Gd_2O_3$ , имплантированных ионами висмута, с использованием методов рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, спектроскопии оптического поглощения и люминесценции.



**Рисунок 1.** Спектр фотолюминесценции пленки  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Bi}$  ( $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ ) при энергии возбуждения  $E_{\text{exc}} = 5.9 \text{ эВ}$ . Стрелками показаны полосы люминесценции в красной, зеленой и синей спектральных областях, связанные с излучательными переходами в ионах  $\text{Bi}^{2+}$ , ионной паре ( $\text{Bi}^{3+}-\text{Bi}^{3+}$ ) и ионах  $\text{Bi}^{3+}$ , соответственно.

Установлено, что оптические свойства пленки  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , имплантированной ионами висмута, определяются взаимодействием между одиночными ионами  $\text{Bi}^{2+}$  и  $\text{Bi}^{3+}$ , парами ( $\text{Bi}^{3+}-\text{Bi}^{3+}$ ), кислородными вакансиями и «дефектными» ионами гадолиния. Излучательные переходы в ионах  $\text{Bi}^{2+}$ , парах ( $\text{Bi}^{3+}-\text{Bi}^{3+}$ ) и ионах  $\text{Bi}^{3+}$  обеспечивают мультицветную люминесценцию в красной, зеленой и синей областях спектра, соответственно (Рис. 1).

Отличительной особенностью возбуждения люминесценции является передача энергии от «дефектных» ионов  $\text{Gd}^{3+}_{\text{def}}$  к эмиссионным центрам, связанным с ионами висмута. Изученные в настоящей работе оптические характеристики пленок  $\text{Gd}_2\text{O}_3:\text{Bi}$  указывают на перспективность их практического использования в качестве функциональных элементов в планарных фотонных устройствах преобразования и детектирования электромагнитного излучения.

1. R. Priya, O.P. Pandey, S.J. Dhoble, *Optics and Laser Technol.*, **2021**, 135, 106663.
2. A.F. Zatsepin, Y.A. Kuznetsova, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2020**, 22, 6818–6825.
3. A. Scarangella, F. Fabbri, R. Reitano, F. Rossi, F. Priolo, M. Miritello, *Sci. Rep.*, **2017**, 7, 17325.

*Благодарности:* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 21-12-00392.

# КОМПОЗИЦИОННЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО КОРУНДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ НА АЛЮМОСИЛИКОФОСФАТНЫХ СВЯЗКАХ

Е.М. Уразаева, Ш.К. Ирматова, М.Х. Руми, Ш.Р. Нурматов, М.А. Зуфаров,  
Е.П. Мансурова, Ж.К. Зиёвадинов

*Институт материаловедения АН Уз Ташкент, Узбекистан*

shaxloirmatova@mail.ru

Традиционные технологии получения огнеупорных материалов включают стадии полусухого прессования и высокотемпературного обжига – самых дорогих в технологическом процессе. Одной из задач современного материаловедения является разработка энергоэффективных (с пониженной температурой или не требующих обжига) футеровочных и теплоизоляционных материалов, которые приобретают заданные свойства в результате химического твердения при сушке или нагревании при температуре не выше 600°C. Еще одним приоритетным направлением при производстве огнеупоров является применение технологии неформованных керамических материалов, как в виде различных блоков, панелей, так и в виде набивных масс. С целью экономии сырья и энергоресурсов развиваются также технологии рециклинга – вовлечение в производство техногенных отходов. Технология получения композиционных материалов на фосфатных связках полностью соответствует современным тенденциям и используется для футеровки тепловых агрегатов, которые работают при температурах от 800 до 1500°C.

В данной работе при получении композиционных огнеупорных образцов применяли следующие компоненты: техногенные отходы в виде лома огнеупорного корундового кирпича, огнеупорные пластичные глины в виде каолина месторождения «Альянс» (Самарканд), ортофосфорную кислоту с концентрацией 60-70%.

По результатам проведенных физико-химических анализов (РФА, химический анализ) установили фазовый состав и структуру техногенного материала, подобрали параметры его обработки (сортировка, дробление, измельчение, дозирование) и получили наполнитель для композитного огнеупора в виде порошков следующего фракционного состава, мм:  $7 \div 1.6 = 33\%$ ;  $1.6 \div 0.16 = 31\%$ ;  $0.0 \div 0.05 = 12\%$ ;  $< 0.05 = 24\%$ . Фазовый состав представляет собой корунд  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и примесную фазу  $\beta\text{-Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  с высоким содержанием оксида алюминия (97-99 мас%). Алюмосиликофосфатную связку получали реакцией между ортофосфорной кислотой и дисперсными алюмосиликатами, содержащимися в каолине.

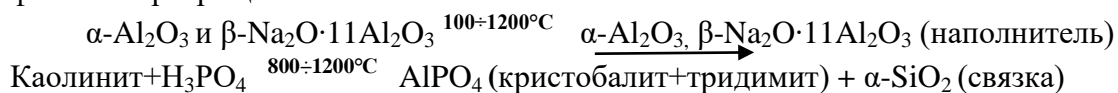
При разработке технологии определяли оптимальный состав композита, изучали кинетику сушки и спекания материала (в диапазоне от комнатной до 1200°C), а также его свойства (усадочные процессы, предел прочности при сжатии, кажущуюся плотность, теплопроводность). Отработка технологии экспериментальных образцов максимально приближена к условиям промышленной футеровки набивными массами и



представляет собой полусухое формование трамбованием с использованием ручной набивки.

Для исследований были выбраны составы, содержащие 70-85 мас% армирующего компонента и 13-15 мас% (сверх 100%) фосфорной кислоты.

Изменение минералогического состава композиционных образцов, термообработанных при 100, 800, 1000, 1200°C представлены в виде схемы основных фазовых превращений:



Установлено, что усадочные процессы, термообработанных образцов определяются размером зерен наполнителя. Использование мелкой фракции (<2 мм) ведет к высокой усадке обожженных изделий. Оптимальным является наполнитель с размером зерен корунда 3.2÷7 мм, который позволяет избежать высокой усадки и колебаний плотности футеровки по высоте. Показано, что механическая прочность при сжатии образцов, термообработанных при 1000 и 1200°C, составляет 3.4 МПа и 21 МПа соответственно.

Получены композиционные высокоглиноземистые образцы на алюмосиликофосфатных связках размером 13×13×5.5 мм плотностью 1880÷2000 кг/м<sup>3</sup>, с пределом прочности при сжатии 18÷21 МПа и коэффициентом теплопроводности 1.46÷1.83 Вт/м·К (650°C±20).

## **СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ХМПО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ПОДЛОЖКИ, ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Т.М. Разыков<sup>а</sup>, К.М. Кучкаров<sup>а\*</sup>, М.С. Тиванов<sup>б</sup>, Р.Т. Йулдошов<sup>б</sup>, Р. Хуррамов<sup>б</sup>,  
Д.З. Исаков<sup>а</sup>, Д.С. Байко<sup>б</sup>, М. Пиримметов<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Узбекистан

<sup>б</sup> Белорусский государственный университет, Беларусь

k.kuchkarov@mail.ru

В настоящее время исследователи мира уделяют особое внимание применению халькогенидных бинарных соединений Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и твердых растворов Sb<sub>2</sub>(S<sub>х</sub>,Se<sub>1-х</sub>)<sub>3</sub> на их основе (химическая формула Sb<sub>2</sub>X<sub>3</sub>) в качестве поглощающего слоя для тонкопленочных солнечных элементов [1].

В данной работе исследовались элементный и фазовый состав, морфология поверхности, структурные и оптические свойства пленок Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> полученных методом химического молекулярно-пучкового осаждения при различных температурах подложки.

С помощью энергодисперсионного безазотного спектрометра Aztek Energy Advanced X-Max 80 и растрового электронного микроскопа LEO1455VP установлено, что полученные тонкие пленки Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> состоят из Sb и Se в концентрациях близких или

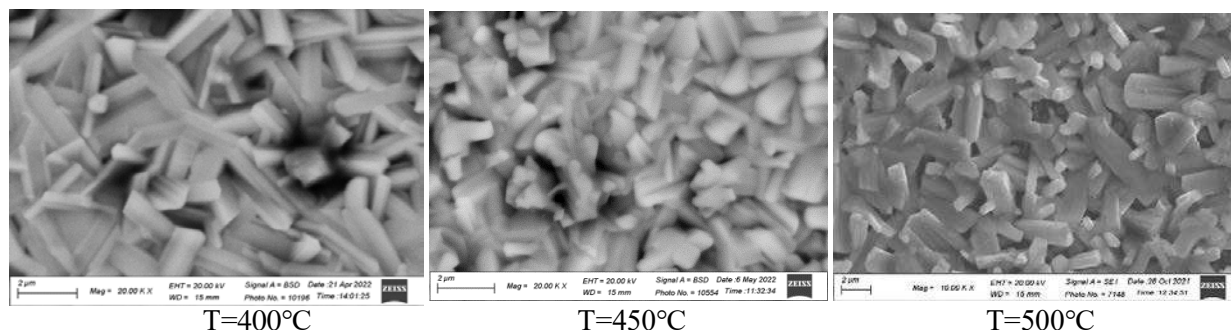
равных стехиометрической, а структура представляет собой массив из хаотично расположенных стержней (рис. 1), которые в зависимости от температуры подложки отличаются диаметром ( $0.5 \div 2$  мкм) и длиной ( $2 \div 10$  мкм), компактностью, имеют различный наклон по отношению к подложке.

Рентгеноструктурный анализ с использованием дифрактометра Rigaku Ultima IV показал, что дифрактограммы всех тонких пленок имеют заметные пики, хорошо согласующиеся со стандартной картой JCPDS (№ 15–0861) орторомбической фазы  $Sb_2Se_3$  (рис. 2). Для пленок, полученных при температурах подложки  $450^\circ C$  и  $500^\circ C$  преобладают кристаллиты с преимущественной ориентацией (hk1) к плоскости подложки; полученных при температуре подложки  $400^\circ C$  - с преимущественной ориентацией (hk0) (рис. 2). Ориентация кристаллитов тонких пленок критически важна для обеспечения эффективного переноса заряда в фотоактивном слое, так как из-за особенностей строения орторомбической фазы  $Sb_2Se_3$  наблюдается сильная анизотропия электрооптических свойств по направлениям [2].

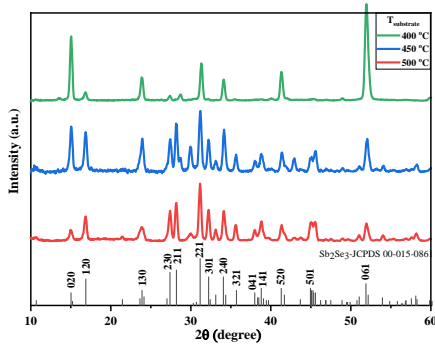
Для получения дополнительной информации о структурных свойствах пленок  $Sb_2Se_3$ , полученных методом ХМПО при различных температурах подложки стехиометрического состава  $Sb/Se=0.66$  были проведены измерения спектров комбинационного рассеяния света (рис.3). Как видно из рис. 3, в спектрах КРС всех пленок регистрируются пики, характерные для  $Sb_2Se_3$ : 62, 78-80, 100, 102, 119, 126, 132, 151-153, 184-186, 190-193,  $211\text{ см}^{-1}$  [3]. Также наблюдаются пики 145, 237 и  $443\text{ см}^{-1}$ , характерные для тригонального Se. Таким образом, результаты КРС свидетельствуют об образовании в пленках основной фазы  $Sb_2Se_3$  и побочной фазы Se.

Зависимости  $(\alpha h\nu)^2$  от  $h\nu$  для пленок  $Sb_2Se_3$  показаны на рис. 4, по которому можно оценить ширину запрещенной зоны путем экстраполяции линейной части графиков на ось энергии. Значения ширины запрещенной зоны пленок  $Sb_2Se_3$  составляет 1.15, 1.17 и 1.28 эВ, осажденных соответственно при температурах подложки  $500$ ,  $450$  и  $400^\circ C$ .

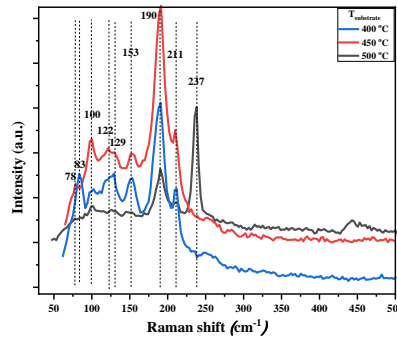
Полученные данные могут быть использованы для изготовления тонких пленок  $Sb_2Se_3$  заданного состава и структуры с целью обеспечения максимальной эффективности солнечных элементов на их основе.



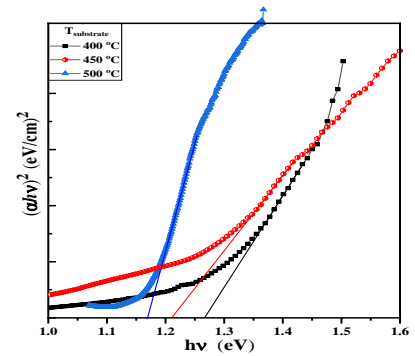
**Рисунок 1.** Морфология поверхности пленок  $Sb_2Se_3$  стехиометрического состава при различных температурах подложки



**Рисунок 2.** Рентгенограммы пленок  $Sb_2Se_3$



**Рисунок 3.** Спектры комбинационного рассеяния света пленок  $Sb_2Se_3$



**Рисунок 4.** Графики функций  $(\alpha hv)^2 = f(hv)$  для пленок  $Sb_2Se_3$

1. W. Xiaomin, T. Rongfeng, W. Chunyan, Development of antimony sulfide–selenide  $Sb_2(S,Se)_3$ -based solar cells. *Journal of Energy Chemistry* 27 (2018) 713–721.
2. Y. Zhou, L. Wang, S. Chen, S. Qin, X. Liu, J. Chen, D.J. Xue, M. Luo, Y. Cao, Y. Cheng, E.H. Sargent, J. Tang, Thin-film  $Sb_2Se_3$  photovoltaics with oriented one-dimensional ribbons and benign grain boundaries, *Nature Photonics*, 9 (2015) 409-415.
3. V.F. Pedro, G. Maxim, et al., Multiwavelength excitation Raman scattering study of  $Sb_2Se_3$  compound: fundamental vibrational properties and secondary phases detection, *2D Mater.* 6 (2019) 045054.

## **ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВЫХ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК SIGS СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СИМУЛЯТОРА**

Р.Р. Кабулов, С.Ю. Герасименко, А.З. Абдурасулов, Л.У. Шухратова, Н.Р. Хамидова, А.С. Ачилов

*Физико-технический институт АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан*

krr1982@bk.ru

Интенсивное научно-техническое развитие мирового сообщества требует увеличение производства электрической энергии, особенно за счет экологически чистой солнечной энергии. В 2022 году было запущено солнечных фотоэнергетических установок мощностью более чем 228.5 ГВт, и в 2023 году планируется установить 350.6 ГВт [1]. Для широкого коммерческого внедрения фотоэлектрических станций в большую энергетику, необходимо увеличить конкурентность с традиционными методами производства электрической энергии, за счет значительного уменьшения расходов, связанных с производством солнечных элементов.

Полупроводниковые материалы на основе бинарного соединения меди-индия-галлия и селена – CIGS или  $\text{CuInGaSe}_2$  являются одним из перспективных и экологически чистых материалов благодаря своим уникальным свойствам, такими как:

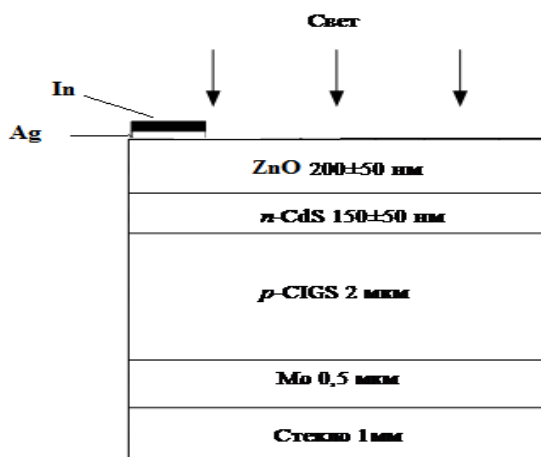
- I. возможность синтезирования, в едином технологическом цикле, при относительно низких температурах ( $\sim 650^\circ\text{C}$ ), на дешевых гибких полимерных и металлических подложках большой площади;
- II. малый расход материала, за счет большого коэффициента поглощения в видимом спектральном диапазоне солнечного света ( $>10^4 \text{ см}^{-1}$ );
- III. низкая себестоимость при низкой энергоёмкости производства.

На рис. 1 представлена конструкция исследованного солнечного элемента (СЭ) на основе тонкопленочного слоя CIGS, площадью  $0.16 \text{ см}^2$ . СЭ имел структуру стекло- $\text{Mo}/p\text{-CIGS}/n\text{-CdS}/\text{ZnO}/\text{Ag}$ . На стеклянную подложку толщиной  $\sim 1 \text{ мм}$ , методом магнетронного ионного распыления на постоянном токе, нанесен металлический молибденовый (Mo) слой, толщиной  $\sim 0.5 \text{ мкм}$ . На поверхности Mo методом термического соиспарения в вакууме, в квазизамкнутом объеме, формируется слой CIGS  $p$ -типа проводимости, толщиной  $\sim 2 \text{ мкм}$ . В качестве буферного слоя, в созданной гетероструктуре, используется слой сульфида кадмия (CdS)  $n$ -типа проводимости, толщиной  $\sim 150 \text{ нм}$ . В качестве прозрачно-проводящего слоя в гетероструктуре, используется слой окиси цинка (ZnO)  $n$ -типа проводимости, толщиной  $\sim 200 \text{ нм}$  [2]. В качестве токосъемного контакта на поверхность с края слоя  $n\text{-ZnO}$  наносился слой серебра (Ag) и индия (In).

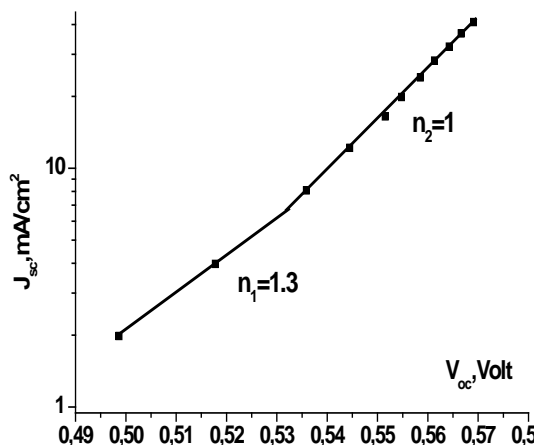
Зависимость между одними из основных параметров СЭ  $J_{sc}$  (ток короткого замыкания) и  $V_{oc}$  (напряжение холостого хода) выражается соотношением [3]:

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left( \frac{J_{sc}}{J_0} + 1 \right), \quad (1)$$

где,  $J_0$ –обратный ток насыщения,  $n$ –фактор неидеальности диода,  $k$ –постоянная Больцмана,  $T$ –абсолютная температура и  $q$ –величина заряда электрона. Построив зависимость  $\ln J_{sc}$  от  $V_{oc}$  (рис. 2), при различных мощностях падающего излучения ( $P$ ) можно определить, также, важные параметры  $J_0$  и  $n$  [3]. Исследования производились на солнечном симуляторе Oriel - 94043A, в интервале мощности излучения  $P_{rad}=50 - 1000 \text{ Вт/м}^2$ .



**Рисунок 1.** Конструкция исследованного CIGS солнечного элемента



**Рисунок 2.** Зависимость  $J_{sc}$  от  $V_{oc}$  при различных  $P$ .

Из экспериментальных результатов (рис. 2) видно, что зависимость  $\ln J_{sc}$  от  $V_{oc}$  характеризуется двумя наклонами с  $n_1=1.3$  и  $J_{01}=8.4 \times 10^{-14}$  A/cm<sup>2</sup>, а так же  $n_2=1.0$  и  $J_{02}=1.6 \times 10^{-16}$  A/cm<sup>2</sup>. Можно сделать заключение, при малых мощностях излучения солнечного симулятора фотогенерация определяется генерационно-рекомбинационным механизмом, а при больших мощностях диффузионным механизмом. Это происходит в результате перезарядки амфотерных дефектных состояний, которые при больших  $P$  становятся не активными в качестве рекомбинационных центров [4].

1. <https://www.pv-magazine.com/2023/02/16/global-solar-installations-may-hit-350-6-gw-in-2023-says-trendforce/>
2. R.R. Kabulov and others. Applied Solar Energy, 2022, Vol. 58, No. 4, pp. 476–481. DOI: 10.3103/S0003701X22040090
3. S.M. Sze. “Semiconductors devices: Physics and technology”, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons, Inc. New York, 2002, p. 564.
4. S. Lany, A. Zunger. J. Appl. Phys. 100 (2006) 113725.

# РАДИАЦИОННАЯ ТРЯСКА КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ ВТСП-МАТЕРИАЛОВ

З.И. Каримов

*Центр развития нанотехнологий при Национальном университете  
Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан*

zafarmrake@gmail.com

Одним из универсальных механизмов, объясняющих факт улучшения свойств неупорядоченных твёрдых сред является радиационная тряска [1]. Более того, сравнительно недавно было показано, что по этому механизму возможно ликвидируются метастабильные состояния ДНК и РНК, тем самым подавляется возможность радиации рождать мутации (Oksengendler B.L. et al 2022) [2].

В данном сообщении мы покажем, как радиационная тряска может увеличивать температуру сверхпроводящего перехода ( $T_c$ ) при локальном выделении энергии, происходящее под действием различного типа облучений (синхротрон, атомный реактор, Большая Солнечная печь и др.).

Известно, что в ВТСП-материалах величина  $T_c$  оказалась симбатной концентрации кислорода (при заданных  $\delta$  в формуле состава  $YBaCuO_{7-\delta}$ ) в нормальных позициях (4) и (5). В этом случае плотность состояния на уровне Ферми имеет вид [3]:

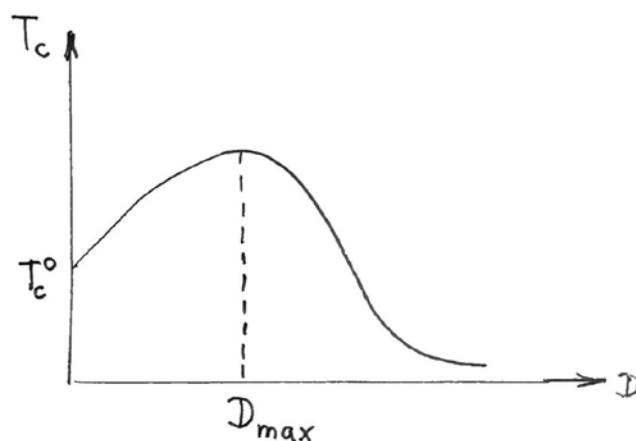
$$N(E_F) = [(1 - \delta)/2][N_4(E_F) + N_5(E_F)][1 + kS]$$

Здесь  $E_F$  – энергия Ферми,  $S$  – параметр порядка по кислороду.

Записывая и решая кинетическое уравнение реакции ВТСП-материала на радиационное воздействие (относительно междузельного кислорода и вакансий) получим выражение для  $T_c$  – температуры СП перехода:

$$T_c = T_c^0 \exp[-\text{const} / f(D)]$$

Здесь  $\text{const}$  зависит от констант всех квазихимических радиационно-стимулированных реакций. Функция  $T_c(D)$  оказывается с максимумом (Рис.1), причём до  $D_{max}$  идут процессы упорядочения по кислороду, а при  $D > D_{max}$  уже преобладает эффекты выбивания О из регулярных позиций, и  $T_c$  падает с дозой  $D$ .



**Рисунок 1.** Дозовая зависимость критической температуры сверхпроводимости в ВТСП типа ИБАКУ

1. Б.Л. Оксенгендлер, Н.Н. Тураева, Радиационная физика конденсированных сред, **2006**, Ташкент, Фан.
2. Б.Л. Оксенгендлер, Аширметов А.Х. Поверхность. **2023**, №1, 1-13 с.
3. З.И. Каримов З.И., Б.Л. Оксенгендлер. Теория радиационно-физических процессов в ВТСП-материалах. **1995**, Ташкент. Ўқитувчи. 1995.

*Благодарность:* Я благодарю компетентного учёного и благородного профессора Бориса Леонидовича Оксенгендлера за всестороннее обсуждение тематики доклада.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕМНИЯ С БИНАРНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЯ**

Н.Ф. Зикриллаев, У.Х. Курбанова, Г.А. Кушиев, Ф.Э. Уракова, М.М. Шоабдурахимова

*Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан*

feruzaxonurakova@gmail.com

Сегодня особое внимание уделяется получению новых видов материалов путем формирования кластеров примесных атомов на поверхности и в объёме кремния, которые приводят к изменению фундаментальных параметров исходного материала. Такие исследования являются одним из современных и актуальных направлений в области физики полупроводников. Для получения наноразмерных структур в кремнии современными методами молекулярно-лучевой эпитаксии или ионной имплантации требует использования дорогостоящих технологических установок и достаточно больших энергетических затрат. В этом направлении одной из важных задач является разработка технологий формирования наноразмерных бинарных соединений примесных атомов, позволяющая создать не только достаточно большую концентрацию в объёме кремния, но и получить с заданным составом, структурой и физическими параметрами. В связи с этим требуется разработать новые методы

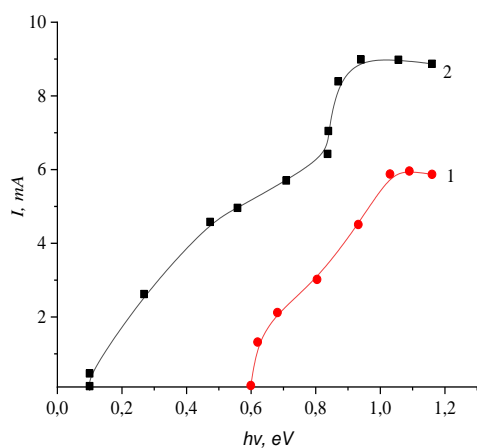
получения бинарных соединений примесных атомов в объеме кремния, в которых наблюдаются новые физические явления.

Бинарные соединения  $Ge_xSi_{1-x}$  образованные на поверхности и приповерхностной области кремния имеют особое место в электронике для создания приборов на их основе с новыми функциональными возможностями и эффективных фотоэлементов.

Диффузионная технология получения соединений типа  $Ge_xSi_{1-x}$  требует достаточно больших времени, так как коэффициент диффузии примесных атомов германия в кремнии невелик ( $D \sim 10^{-14}$  см<sup>2</sup>/с).

Разработанная двух этапная технология позволила получить на поверхности и в приповерхностном слое кремния толщиной до  $d=5 \div 6$  мкм бинарные соединения  $Ge_xSi_{1-x}$  с меняющейся по глубине концентрацией бинарных соединений в зависимости от значения  $x$ . Анализ экспериментальных результатов показал, что на поверхности кремния, образуется тонкий слой ( $\sim 0.5$  мкм) кремния, в котором содержится до 30% атомы германия, т.е. образуется бинарными соединения  $Ge_{0.30}Si_{0.70}$ , после этого слоя доля примесных атомов германия экспоненциально уменьшается. На глубине  $x=5$  мкм в кремнии состав бинарных соединений находится в следующем  $Ge_{0.05}Si_{0.995}$ . Таким образом, установлено, что с помощью диффузионной технологии можно получить бинарные соединения типа  $Ge_xSi_{1-x}$ , которые создают варизонные структуры [1].

Проводилось исследования спектральной зависимости фотопроводимости в кремнии с бинарными соединениями типа  $Ge_xSi_{1-x}$  (рис. 1) на спектрометре ИКС-21. Как видно из рис. 1 в образцах кремния с бинарными соединениями  $Ge_xSi_{1-x}$  в отличие от контрольных образцов кремния заметный рост фототока начинается с энергии фотонов  $h\nu=0.75 \div 0.8$  эВ, а при  $h\nu=1.1$  эВ происходит резкий рост фототока, что связано с началом межзонных переходов в кремний. Увеличение фототока при энергии падающих фотонов в интервале  $h\nu=0.75 \div 0.8$  эВ в кремний с бинарными соединениями  $Ge_xSi_{1-x}$  можно объяснить тем, что в этих образцах имеется область спектральной чувствительности. Это связано с образованием бинарных соединений  $Ge_xSi_{1-x}$  в кремний ширина запрещенной зоны, которых находится в интервале энергии падающих фотонов  $h\nu=0.75 \div 0.8$  эВ.



**Рисунок 1.** Спектральная зависимость фотопроводимости образцов при температуре  $T=100$  К,  $U=10^{\circ}$ В (1—контрольный образец КЭФ-100, 2— $Si_{1-x}Ge_x$ ).

Разработка и создания гетеро и варизонных структур на основе бинарных соединений  $Ge_xSi_{1-x}$  в кремний представляет не только научный, а также большой практический интерес [2]. Получение таких



структур с определенными параметрами позволяет существенно расширить спектральную область чувствительности, что даёт возможность созданию на их основе чувствительных фотоприемников, датчиков и эффективных фотоэлементов.

1. М.К. Баходирхонов, Б.А. Абдурахманов, Х.Ф. Зкриллаев, Приборы, 2018, 215 (5), 39.
2. Б.И. Иванов, М. Гражкар, И.Л. Новиков, А.Г. Вострецов, Е.Ильчев, Письма ЖТФ (2016), 42 (7), 90.

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЁ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

С.Э. Нурманов, А.К. Кенжаев, О.Ш. Кадиров

*Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека*

Одной из важных задач при переработке вторичных продуктов промышленности является получения импортзамещающих материалов на их основе. При этом одним из важных направлений также является очистка промышленных сточных вод от ионов металлов и их повторного использования. Для достижения этой цели предпринимаются усилия по поиску новых способов получения катионитов и источников сырья, используемого при их синтезе.

Процесс пиролиза используется как основной метод получения олефинов во всем мире. При пиролизе углеводородов образуются вторичные продукты, перерабатывая которых получают важное сырье для химической промышленности. На основе сырья, полученного из вторичных продуктов, производят иониты, используемые в водоочистке, суперпластификаторы бетонных смесей, необходимые продукты для энергетики, строительства, фармацевтической и других отраслей промышленности. Разработка способов и технологий получения различных химических соединений с использованием нефти, природного газа и вторичных продуктов их переработки является одной из важных практических задач.

В данной работе исследовано получение нафталина из пиролизного масла вторичного продукта Устюртского газо-химического комплекса ООО «Uz-Kor Gas Chemical» создание технологии синтеза сульфокатионита и суперпластификатора.

При этом изучены физические свойств и состава пиролизного масла, а также процесса получения нафталина;

определены оптимальные условия сульфирования полученного нафталина, проведено процесс поликонденсации синтезированных нафталинсульфокислот формалином и определены факторы, влияющие на протекание процесса;

определены состав и строение полученных веществ различными физико-химическими методами;

разработана технология процесса синтеза полиметиленафталинсульфокислоты с пространственной структурой на основе нафталина, полученного из пиролизного масла, вторичного продукта процесса пиролиза, и создание технологического

регламента;

исследовано влияние натриевой соли синтезированной линейной полиметиленафталинсульфо кислоты в качестве суперпластификатора на бетонных смесей;

выявлены эксплуатационные свойства синтезированной пространственно-структурированной полиметиленафталинсульфо кислоты в качестве сульфокатионита – определены набухание, статическая и динамическая обменные емкости, термическая и химическая стабильность;

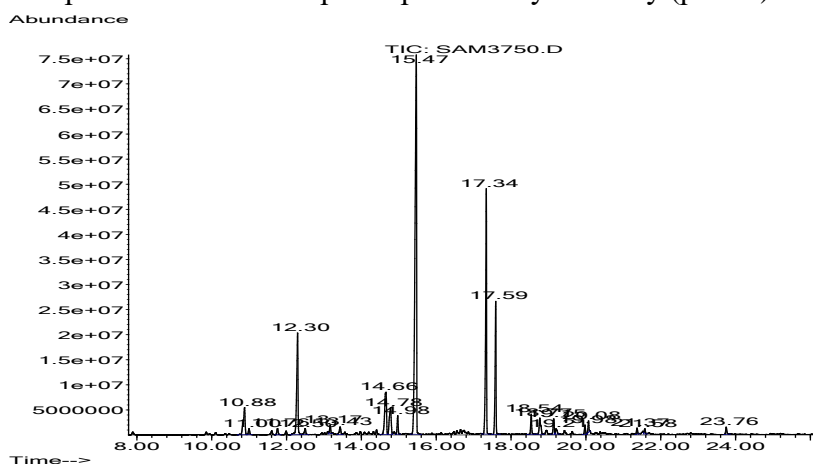
применение на практике свойств полученного сульфокатионита и даны сравнительные характеристики его с другими катионитами.

Пиролизное масло представляет собой жидкость от темно-коричневого до темно-зеленого цвета с неприятным запахом, физические свойства (табл. 1).

**Таблица 1.** Физические свойства пиролизного масла

Характеристики	Значение
плотность в (г/см <sup>3</sup> ) 20°C	1.064
Механическая вязкость в (мм <sup>2</sup> /с) 20°C	38
Коксование (%)	14
Влага, %	0.3
Количество механических соединений, %	0.01
Температура испарения (°C)	180
Элементный состав, масс. %	
С	91.30
Н	7.90
S	0.14

Для изучения состава вторичного продукта пиролиза фракцию «пиролизное масло» подвергали хромато-масс-спектрометрическому анализу (рис. 1).



**Рисунок 1.** Хромато-масс спектр пиролизного масла.

По результатам хромато-масс-спектрометрии в составе пиролизного масла входят инден, нафталин и его гомологи. Среди этих веществ основное место по количеству занимает нафталин.

1. Минигалиев Т.Б., Якупов А.А., Дорожкин В.П., Коробейникова О.А. Пиролиз углеводов. Нижнекамский химико-технологический институт. Нижнекамск 2010. - 40 с.
2. Гайбуллаев С.А., Турсунов Б.Ж. Пироконденсат как ценное сырьё химического синтеза // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2020. № 6(75).
3. Кодиров О.Ш., Мирзакулов Х.Ч., Бердиев Х.У., Шарипова В.В. Исследование химического состава пироконденсата пиролизного производства. // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2018. № 9(54).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА НА СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ**

Ш.Р. Нурматов<sup>а</sup>, С.З. Гулматов<sup>а</sup>, И.И. Мирзохидов<sup>а</sup>, Н.Ш. Кенжаев<sup>а</sup>,  
Р.Р. Уринбоев<sup>а</sup>, Ф.Ф. Абдурахимов<sup>а</sup>, Ж.Б. Тожибоев<sup>б</sup>

<sup>а</sup> *Институт материаловедения АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

<sup>б</sup> *Андижанский машиностроительный институт, Андижан, Узбекистан*

Sh.nurmatov@imssolar.uz

Композитные материалы (КМ) - современные конструкционные материалы, определяющие уровень развития современных технологий, ракетно-космической и авиационной техники. Углеродные волокна (УВ) в настоящее время являются одним из основных видов армирующих элементов, используемых для производства высокомодульных КМ высокой твердости. УВ имеет высокую твердость (до 7 ГПа), модуль упругости (до 600 ГПа), низкую плотность по сравнению с металлами (1.7-1.9 кг/м<sup>3</sup>). Основной областью применения УВ является аэрокосмическая промышленность, в которой требуются материалы с высокой удельной твердостью. Сополимеры полиакрилонитрила (ПАН) являются основным сырьем (прекурсором) для этих волокон. Улучшение механических свойств волокна в основном достигается за счет уменьшения количества дефектов в процессе производства. Коммерческие углеродные волокна с пределом прочности при растяжении до приблизительно 7000 МПа в настоящее время уже производятся. В этом контексте новые процессы, такие как «сшивание» электронным лучом или УФ-активация, оказались очень многообещающими. Все новые разработки в области производства волокон направлены на получение высокомодульного УВ с низкой себестоимостью. Хотя каждым годом развивается технология получения УВ, за счет применения сложных технологий себестоимость УВ все же остаётся очень высокой.

Поэтому разработка новой технологии получения УВ с применением дешевых видов энергии является весьма актуальной задачей. Учитывая тот факт, что основной ценообразующей в процессе получения УВ является энергия, которая расходуется для

получения температур, было решено исследовать возможность применения возобновляемых источников энергии, а именно высокотемпературную гелиостат-параболоидную солнечную печь (МСП) мощностью 1500 кВт с горизонтальным расположением оптической оси.

Проведены первые эксперименты по пиролизу ПАН на фокальной плоскости МСП, которое представлено в таблице 1.

**Таблица 1.** Режимы термообработки ПАН на МСП (воздух)

Образец	Расстояние от фокуса	Время нагрева (секунд)	Плотность потока (°C)	Материал стержня	Цвет, состояние ПАН
ПАН	12	3	510-520	графит	Белый-коричневый-черный на местах
ПАН	16	23	450-455	графит	Без изменений
ПАН	14	17	495	графит	Белый-коричневый-черный
ПАН	14	23	495	металл	Без изменений
ПАН	12	18	520	металл	Чёрно-коричневый
ПАН	10	14	600	металл	Полностью сгорел

Как видно из таблицы превращение цвета ПАН на коричневый и на чёрные цвета происходит в течение довольно короткого времени, а также нужно отметить, что превращение в сторону карбонизации происходит по-разному в зависимости от температуры обработки и расстояния от фокального центра. Измерение температуры проводили на приборе 12 –TSP фирмы Lumasense.

Работа выполнена в рамках проекта АЛ-47-тур21071180 «Разработка технологии синтеза карбонового волокна на основе полиакрилонитрилового прекурсора» Министерства инновационного развития.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГЛИНОЗЕМА ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

Р.Х. Рахимов<sup>а</sup>, Х.К. Рашидов<sup>а</sup>, Ж.Х. Рашидов<sup>а</sup>, Ш.С. Арсланов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> *Институт материаловедения, Паркент, Узбекистан*

<sup>б</sup> *Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан*

rashidow@gmail.com

В ближайшем будущем интенсивное развитие мировой алюминиевой промышленности неизбежно приведет к истощению разведанных запасов высокосортных бокситовых руд. Поэтому ведется поиск и разработка новых безотходных и экологически чистых технологий получения глинозема из

нетрадиционных видов сырья – нефелиновых сиенитов, мусковитов, ставролитов, алунитов.

В работе исследуются вопросы определения минералогического состава и обогащения минерала мусковита носителя глинозема в проявлениях кристаллического сланца Зармитан.

Ранее были проведены исследования получения глинозема по галлогенаммонийной технологии с применением ИФК, с каолинами месторождения Альянс [1, 2].

Пробы (Таблица 1) были высушены, измельчены и гомогенизированы совместно с гидрофторидом аммония. Реакция гидрофторирования велась в тефлоновом реакторе с излучателями, покрытыми импульсной функциональной керамикой (ИФК). Температура в слое шихты поддерживалась на уровне 170°C; после окончания выделения аммиака (2 часа) мощность излучения увеличивалась, температура в слое поддерживалась на уровне 340°C; в течении 2.5 часов наблюдалась сублимация гексафторсиликата аммония; сублимат улавливался в оригинальном десублиматоре. Последующая обработка десублимата гексафторсиликата аммония раствором аммиака (20%) позволяет осадить из раствора (Т:Ж=1:4) более 95% аморфного кремния высокой чистоты  $\geq 99.65\%$ . После фильтрации раствор упаривают, с ИФК регенерацией гидрофторида аммония.

**Таблица 1.** Результаты анализа (силикатный), %.

№ п/п	Название пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MgO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub> общ	ППП	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
1	первичная проба (мусковит)	57.61	0.80	20.35	8.39	3.02	0.10	0.84	2.12	3.36	0.12	0.64	3.88	0.28	0.22
2	тяжелая фракция (мусковит)	46.73	0.90	24.92	21.00	3.23	0.04	1.12	1.28	1.34	0.24	0.64	0.70	0.22	0.22
3	легкая фракция (мусковит)	59.04	0.80	19.92	8.10	2.42	0.04	0.70	2.00	3.46	0.11	0.50	3.90	0.26	0.97
4	бурый каолин	<0.10		16.19	0.06				8.86	0.50					
5	серый каолин	0.50		27.85	0.05				8.00	0.29					

Остаточный кек обрабатывают перегретым паром 1 час при T=600°C, с получением гидроксидов алюминия и железа. Фторид водорода улавливается адвентивным десублиматором при комнатной температуре в растворе фторида аммония – результат, ИФК регенерация гидрофторида аммония.

Раствором гидроксида натрия концентрации 30% при температуре 90°C выщелачивают 1 час гидроксид алюминия, с получением водорастворимого алюмината натрия. Фильтруют, раствор алюмината натрия обрабатывают серной кислотой, в результате происходит осаждение гидроксида алюминия. Фильтрацией отделяется раствор сульфата натрия и гидроксид алюминия. Гидроксид алюминия кальцинируем ИФК при T=800°C для получения  $\gamma$ -модификации глинозема.

Проведенные исследования показали, что концентраты мусковита являются перспективным сырьем для производства глинозема по сравнению с другими алюмосодержащими минералами.

1. Рашидов Ж.Х. // Перспективы использования комплексной галогенаммонийной технологии для переработки каолинового сырья // «The best innovator in science - 2022» Organized by Innovative Academy, p. 719-726 <https://doi.org/10.5281/zenodo.6045259>.
2. Патент РФ на изобретение № 2748082 «Способ обогащения каолинового сырья и устройство для ее реализации».

## **К ВОПРОСУ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЗЭ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН**

Р.Х. Рахимов<sup>а</sup>, Х.К. Рашидов<sup>а</sup>, Ж.Х. Рашидов<sup>а</sup>, М. Эрназаров<sup>б</sup>

*<sup>а</sup>Институт материаловедения, Паркент, Узбекистан*

*<sup>б</sup>Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан*

rashidow@gmail.com

Редкоземельные металлы, это - уникальные элементы «прогресса и инноваций», представляют огромный интерес и стратегическую важность для современного мирового промышленного производства.

В современной промышленности без применения редкоземельных металлов практически невозможно развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий, ядерной энергетики, космических систем, современной медицинской аппаратуры, создание перспективных видов вооружений, военной и специальной техники, развитие других приоритетных направлений науки и техники. В металлургии и стекольной промышленности значение редких земель трудно переоценить. Хотя и в небольших дозах, но практически весь спектр РЗЭ задействован при производстве лазеров и в атомной промышленности. РЗЭ нужны для производства «iPhone», лазеров, каталитических нейтрализаторов для автомобильных двигателей, плазменных телевизоров и многого другого.

Диспрозий, к примеру, применяется для изготовления мощнейших магнитов, сохраняющих стабильность при высоких температурах, неодим - для создания гибридных автомобилей, а тербий - в энергосберегающих лампах. РЗЭ используются и в производстве высокоточного оружия, ракет «Hellfire», авионики, спутников, приборов ночного видения; самарий нужен США для строительства танков M1A2 «Abrams» и аудиолокаторов «Aegis Spy-1».

Большой объем редких земель используется в нефтяной промышленности, для производства оптоволокна и устройств памяти, изготовления аккумуляторов и

топливных элементов, солнечных батарей, а также в производстве электро- и гибридных автомобилей, ветряных турбин.

Исходя из вышеуказанных предпосылок и протокола под председательством Президента Республики Узбекистан [1] по разработке технологии извлечения из техногенных отходов золота, серебра, цветных и **редких металлов**, и форсированию практических работ по внедрению в производство; в Институте Материаловедения АН Узбекистана проведены технологические исследования, на предмет создания наукоемкой технологии выделения РЗЭ из техногенных отходов Алмалыкского и Навоийского ГМК.

Обогащение с использованием радиационной обработки на базе импульсной функциональной керамики (ИФК), разработанное в Институте Материаловедения, позволило получить оксиды  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  высокой чистоты ( $\leq 99\%$ ).

Сегодняшний мир невозможно представить без промышленного применения кремнезема высокой чистоты. Общий мировой объем выпуска «Силика» составляет сотни тысячи тонн Кремнезем уникальный материал, применяемый в самых различных отраслях: как носитель катализаторов и химических средств защиты растений; в качестве сорбентов и фильтровальных порошков для регенерации нефтепродуктов; как высококачественный флюс в процессах металлургии; как наполнитель в бумагу и картон; для получения карбида кремния, керамических двигателей; для получения кристаллического кремния в электронной и электротехнической промышленности; для синтеза искусственных цеолитов в нефтехимии – крекинг нефти; но особое место силика занимает среди наполнителей, применяемых в производстве резинотехнических изделий и пластмасс.

Чистые оксиды железа и алюминия могут быть основой создания мощных аккумуляторов системы AlFeP, которые все более находят широкое применение для хранения энергии ВИЭ.

Из этих проб, после выделения породных макрокомпонентов, был получен коллективный концентрат  $\sum \text{РЗЭ}_{\text{МЗИЦ}} \geq 4.7 \text{ кг/т}$ ;  $\sum \text{РЗЭ}_{\text{МУСКОВИТ}} \geq 3.2 \text{ кг/т}$ .

Последующие исследования будут направлены на выделение индивидуальных оксидов и фторидов РЗЭ и создание промышленной технологической линии.

1. Протокол №95 видеоселекторного совещания под председательством Президента Республики Узбекистан от 3 декабря 2020 года по разработке технологии извлечения из техногенных отходов золота, серебра, цветных и редких металлов, и форсированию практических работ по внедрению в производство.

# СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ ТИТАНАТ АЛЮМИНИЯ – МУЛЛИТ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Д.Д. Гуламова<sup>а</sup>, А.В. Русинов<sup>б</sup>, В.Н. Фищев<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Институт материаловедения АНРУз, Ташкент, Узбекистан

<sup>б</sup> Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

a.rusinov@technolog.edu.ru

Использование технологии плавки в солнечной печи позволяет получать материалы высокой степени чистоты с уникальными свойствами, среди которых значительный интерес вызывает титанат алюминия благодаря сочетанию высокой температуры плавления (1860°C) и близкого к нулю коэффициента температурного расширения. Его использование в чистом виде ограничено вследствие низкой прочности, плохой спекаемости, тенденции к разложению в температурном интервале 750-1280°C. Указанные проблемы решают созданием композиций, в частности, титанат алюминия – муллит [1].

Композиции титанат алюминия – муллит могут быть получены с использованием различных исходных компонентов и технологий синтеза.

Как правило, в технологии изготовления керамики на основе сочетаний титаната алюминия с муллитом используют предварительный синтез исходных фаз с последующим составлением композиций заданного состава. В этом отношении метод плавления сконцентрированной энергией солнечного излучения представляет весьма определенные перспективы. Разработана технология, согласно которой  $Al_2TiO_5$  и  $Al_6Si_2O_{13}$  предварительно синтезировали в солнечной печи, из которых затем составляли композицию [2]. Одним из преимуществ такой технологии является сравнительно низкая температура спекания – 1350°C, что позволяет использовать в процессе отжига электрические печи с нагревателями из карбида кремния.

Для сокращения числа технологических операций был предложен одностадийный твердофазный синтез композиции, в котором в качестве прекурсора для синтеза муллита использованы минералы группы силлиманита [3].

Свойства описанных материалов представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Свойства композиции титанат алюминия – муллит, полученной различными методами.

Фазовый состав	КТЛР, $\alpha \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$ 20-900°C	Пористость открытая, %	Прочность на изгиб, $\sigma_{изг}$ , МПа	Прочность на сжатие, $\sigma_{сжат}$ , МПа	Работа
$\beta-Al_2TiO_5 + Al_6Si_2O_{13}$ *	3.38	11.1	47.33	168.7	С использованием солнечной печи
$\beta-Al_2TiO_5 + Al_6Si_2O_{13}$ **	-0.51	8.0	18	171	Традиционная керамическая технология



\* – местное сырьё (Узбекистан)

\*\* – из минерала группы силлиманита

Дополнительный интерес представляет использование исходных компонентов высокой чистоты.

Выводы:

1. Имеется положительный опыт применения солнечной печи для синтеза композиционный на основе сочетания фаз титаната алюминия и муллита.

2. Представляет интерес изучить возможность сокращения числа стадий технологии получения материалов титанат алюминия – муллит.

1. Суворов С.А., Фищев В.Н., Русинов А.В., Игнатъева А.Н. «Огнеупоры на основе титаната алюминия и минералов группы силлиманита», *Огнеупоры и техническая керамика.* – 2011, №7-8, с. 3-8
2. Гуламова Д.Д, Ускенбаев Д., Турдиев Д. Митрофанов Ю. Тошмуродов Ё. «Термостойкая керамика с повышенной механической прочностью на основе титаната алюминия, полученного под воздействием концентрированного солнечного излучения», *Гелиотехника*, 2010, 1, 53-56
3. Патент РФ № 2392249С1, 21.04.2009.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА СВАРОЧНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Р.М. Саидов, Р.Х. Рахимов, Ф.М. Рахимова

*Институт материаловедения Академии наук Республики Узбекистан,  
Ташкент, Узбекистан*

saidov\_r@yahoo.com

В настоящей работе проведены исследования совместного влияния небольших добавок наноструктурированной функциональной керамики (НФК) марки «ZKHM» [1], на основе таких окислов как,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  в количестве от 0 до 8%, для сушки и прокалики сварочных электродов кислорудилового типа с покрытием, состоящего из оксидов шлаковой системы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ - $\text{CaO}$ - $\text{TiO}_2$ , на сварочно-технологические свойства сварочных электродов.

В качестве сварочно-технологических свойств сварочных электродов изучались такие свойства, как стабильность горения дуги сварочного электрода « $L_{\text{рдл}}$ », формирование наплавленной точки « $\phi_{\text{св.т.}}$ », величина козырька или чехла на торце электрода « $h_{\text{r}}$ » и коэффициент потерь на угар и разбрызгивание « $\psi$ ». Указанные сварочно-технологические свойства сварочных электродов определяли по методике, описанной в работе [2, 3].

Исследование влияния термической обработки исследуемых покрытий сварочных электродов показали его благоприятное влияние на разрывную длину дуги

( $L_{bla}$ ) и устойчивое горение дуги при добавке в состав покрытия 4% наноструктурированной функциональной керамики (НФК) марки «ЗКХМ» и прокатке электродов в печи с импульсным излучением ИК. При этом добавка в покрытие керамики «ЗКХМ» благоприятно влияет на повышение разрывной длины дуги ( $L_{bla}$ ) только при прокатке в печи с использованием импульсного излучения ИК, т.е. при совместном воздействии наноструктурированной функциональной керамики (НФК), используемой в виде добавки «ЗКХМ» и при использовании импульсного источника излучения ИК.

Результаты исследований влияния введения наноструктурированной функциональной керамики «ЗКХМ» в состав электродного покрытия на сварочно-технологические свойства сварочных электродов при сушке и прокатке по стандартной технологии в электрической печи представлены на рисунке 1.

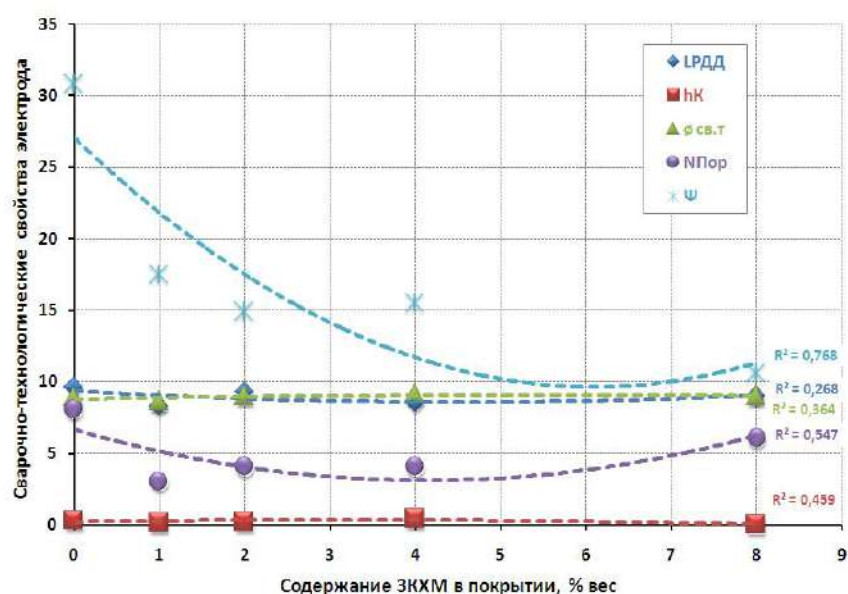


Рис.1. Влияние добавок НФК марки ЗКХМ на сварочно-технологические свойства сварочного электрода при термообработке по стандартной технологии

Полученные результаты показывают резкое снижение коэффициента потерь на угар и разбрызгивание «Ψ» в 2.5 раза при добавках ЗКХМ до 8%. Также, небольшие добавки ЗКХМ (1-4%) снижают количество пор в сварных швах почти в 2 раза.

Эти эффекты, по-видимому, связаны со способностью «ЗКХМ» генерировать импульсное излучение во время нагрева покрытия при сварке, что способствует эффективному удалению влаги, оставшейся в покрытии после термической обработки сварочных электродов. Как известно, остаточная влажность покрытия ухудшает сварочно-технологические свойства сварочных электродов, увеличивая разбрызгивание и неравномерность плавления.

1. R. Rakhimov, E. Kim., USA Patent “Treatment of materials with infrared radiation”, # 5472720 from 12/05/1995.

2. Р.М. Саидов, Р.Х. Рахимов, Б.Д. Юсупов, М.К. Холдоров, Новый метод сушки и прокаливания сварочных электродов с использованием излучателей из функциональной керамики. *Computational Nanotechnology*, **2020**, 1, 44-52.
3. Т.Р. Литвинова, С.К. Елсуков, И.С. Антипов, М.П. Королев, Д.В. Плейткин, О.В. Бессонов, И.В. Егоров, Исследование сварочных и технологических свойств электродов с покрытием для сварки низколегированных высокопрочных сталей. *Международный исследовательский журнал*, **2017**, 5, Ч.3, 71-75.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗЕРКАЛ ГЕЛИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

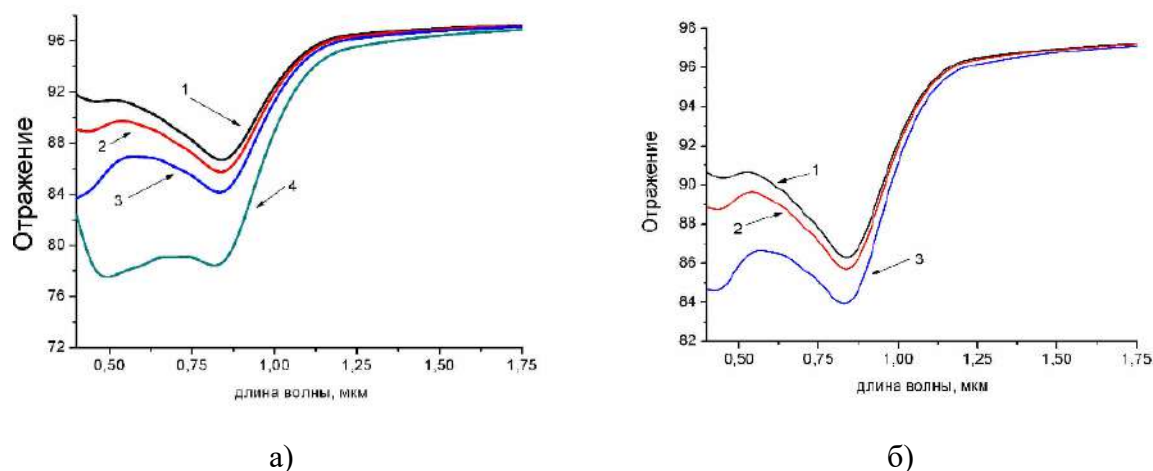
С.Х. Сулейманов, В.Г. Дыскин, М.У. Джанклич, Н.А. Кулагина

*Институт материаловедения АН РУз*

sultan.suleimanov@gmail.com

В гелиотехнике применяют два типа зеркал, отличающихся расположением отражающего слоя относительно стеклянной основы: зеркала с наружным напылением и зеркала с тыльным напылением. Так, у зеркал с наружным напылением коэффициент отражения больше, чем у зеркал с тыльным напылением. Из-за деструктивного воздействия внешней среды коэффициент отражения зеркал с наружным напылением со временем значительно уменьшается. Поэтому в гелиотехнике отдают предпочтение зеркалам с тыльным напылением, у которых срок эксплуатации больше, чем у зеркал с наружным напылением. Зеркала гелиостатов и концентрирующей системы Большой солнечной печи (БСП) Института материаловедения – это зеркала с тыльным напылением и коэффициентом отражения ~70%. Конструктивно это стеклянная пластина (фацета), на которую нанесен слой алюминия и защитного лака. БСП эксплуатируется с ноября 1987 г. и функционирует уже 35 лет. За это время под действием солнечной радиации, пыли, дождя и снега отражающие свойства зеркал ухудшились, мощность солнечной печи упала и уменьшилась температура в фокальном пятне. Если заменить зеркала БСП на зеркала с наружным напылением, то это позволит увеличить коэффициент отражения зеркал и, соответственно, увеличит тепловую мощность БСП. Задача увеличения срока эксплуатации БСП решается нанесением защитного слоя на отражающую поверхность зеркала. Отражающая поверхность зеркал с наружным напылением также может быть защищена достаточно прочными слоями оксидов. В работе приведены результаты компьютерного проектирования защитного покрытия для зеркал гелиотехнических устройств. Спектральный коэффициент отражения зеркала без защитного покрытия и с защитным покрытием рассчитывали матричным методом [1]. В качестве защитного покрытия выступали пленки  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и их смеси с алюминием. Оптические постоянные пленок защитного слоя, состоящего из двух компонент, вычисляли по формуле Гарнетта [2]. Расчеты показали, что коэффициент отражения зеркала с наружным напылением превосходит коэффициент отражения зеркала с тыльным напылением в среднем по солнечной области спектра на

3.0%, а коэффициент отражения зеркал с наружным напылением, начиная с толщин  $d \geq 1$  мкм, не зависит от толщины слоя алюминия.



**Рисунок 1** Коэффициент отражения алюминиевого зеркала (1) а) с защитной пленкой  $Al_2O_3$  разной толщины: 2 – 13 нм; 3 – 26 нм; 4 – 52 нм; б) с защитной пленкой  $SiO_2$  разной толщины: 2 – 11 нм; 3 – 23 нм

Пленка  $Al_2O_3$  (рис. 1а) толщиной 13 нм уменьшила коэффициент отражения зеркала на 0.6%, а пленка толщиной 26 нм на 1.6%. Пленка  $SiO_2$  (рис. 1б) толщиной 11 нм уменьшила коэффициент отражения зеркала на 0.4%, а пленка толщиной 23 нм на 1.7%, т.е. пленка  $SiO_2$  также не влияет на коэффициент отражения, если ее толщина не превышает 15 нм. Были выполнены расчеты коэффициента отражения алюминиевого зеркала в зависимости от концентрации  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  в слое алюминия. Установлено, концентрация компонентов оксидов до 8% практически не влияет на отражающие свойства алюминиевых зеркал. Оксидные защитные пленки и пленки на основе их смеси с алюминием толщиной до 20 нм не уменьшают коэффициент отражения алюминиевого зеркала.

1. М. Борн, Э. Вольф, «Основы оптики» // Пер. с англ. -М: Наука, 1970. 856 с.
2. J.C.M. Garnett, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1904, 203, 385 – 420.

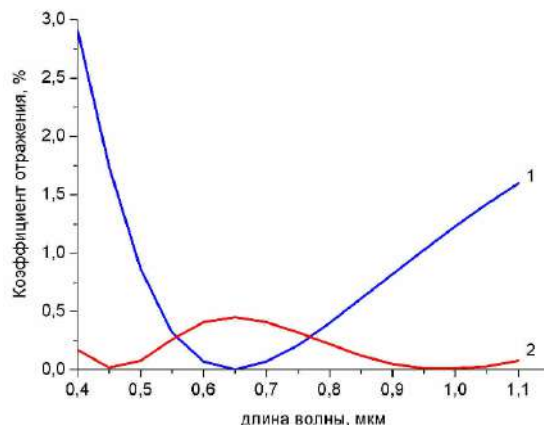
# МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕГО ГРАДИЕНТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРОЗРАЧНОЙ ОСНОВЫ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

С.Х. Сулейманов, В.Г. Дыскин, М.У. Джанклич, Н.А. Кулагина

*Институт материаловедения АН РУз*

sultan.suleimanov@gmail.com

Со второй половины прошлого столетия антиотражающие покрытия (АП) используют для увеличения КПД солнечных элементов (СЭ) и фотоэлектрических модулей. Для уменьшения отражения на интерфейсах СЭ применяют однослойные, двухслойные интерференционные покрытия, а также различные способы структурирования поверхности [1]. Материалами антиотражающих покрытий служат оксиды и фториды металлов, двухкомпонентные смеси диэлектриков и полупроводников. В работе приводятся результаты компьютерного моделирования пористых и градиентных АП для прозрачной основы солнечной батареи. Механической основой солнечной батареи является прозрачный плоский стеклянный или полимерный лист, на который клеятся кремниевые СЭ. Отражение солнечного излучения от границы воздух – стекло уменьшает эффективность СЭ. Величина этих потерь зависит от показателя преломления стекла и колеблется от 5 до 8%. Эти потери можно уменьшить, если нанести на его поверхность АП толщиной 130 нм ( $\lambda=0.65$  мкм) и показателем преломления  $n_1 = 1.23$ . В природе отсутствуют конденсированные вещества с показателями преломления меньшими, чем 1.3. Поэтому на практике подбирают такие режимы нанесения покрытия, при которых на поверхности стекла формируется пористая пленка, показатель преломления которой меньше, чем сплошной пленки [2]. Меняя скорость осаждения, температуру подложки, можно «управлять» структурой и концентрацией пор, т.е. варьировать величину показателя преломления. Результаты расчета коэффициента отражения системы пористое АП – стекло представлены на рис. 1 (график 1). Графики спектральных коэффициентов отражения четвертьволнового и пористого покрытия на рис. 1 совпадают. Результаты расчета показывают, что в результате нанесения АП усредненный коэффициент пропускания стекла в области спектральной чувствительности СЭ увеличивается с 91.0 до 99.1%, а эффективность преобразования солнечной энергии увеличивается на 9.0%. Практически такую зависимость можно реализовать подбором соответствующих диафрагм и скорости осаждения пленки. Результаты расчета коэффициента отражения системы градиентное АП – стекло представлены на рис. 1 (график 2). Видно, что максимум коэффициента отражения гибридной пленки не превышает 0.5 % на длине волны 0.65 мкм, а эффект просветления охватывает всю область спектральной чувствительности кремниевого СЭ.



**Рисунок 1.** Спектральный коэффициент отражения системы АП – стекло: 1 – четвертьволновое пористое покрытие ( $d=130$  нм, концентрация пор 35%); 2 – градиентное АП ( $d=330$  нм, число субслоев  $N=200$ ).

Расчеты показывают, что коэффициент пропускания стекла увеличивается с 91.0 до 99.8%, а эффективность преобразования солнечной энергии может увеличиться на 9.6%. Таким образом, пористое покрытие увеличивает эффективность на 8.9%, пористое градиентное покрытие увеличивает эффективность на 9.6%. Так как технология нанесения пористого градиентного покрытия сложнее, чем нанесение просто пористого покрытия, а эффективность преобразования солнечного излучения отличается менее, чем на 1%, то в качестве АП для стекла следует рекомендовать просто пористое покрытие, например, на основе фторида магния с концентрацией воздушных пор 38.3%.

1. В.А. Миличко, С.А. Шалин, И.С. Мухин и др., *Успехи физических наук*, **2016**, 186, 8, 801–852.
2. I.M. Thomas, *Applied optics*, **1986**, 25, 9, 1481 – 1483I.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ХИМСТОЙКИХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ ОБЪЕКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

М.А. Хоробрых, И.С. Слостенин, Ф.Ф. Нозимов

*СП ООО «NIMPLAST CORP», г. Чирчик, Узбекистан*

is@zavod-crp.ru

На территории Узбекистана много различных предприятий химической промышленности к ним относятся Алмалыкский горно-металлургический комбинат (АГМК), АО «АММОФОС-МАКСАМ»; АО «Navoiazot»; АО «МАХАМ-ШИРСИҚ» и другие. В последнее время на предприятиях внедряются новые зарубежные технологические линии в том числе с применением современных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Так как материалы работают в агрессивных

средах, то они имеют срок службы от 5 до 10 лет в зависимости от агрессивности среды далее начинается снижаться несущая способности объектов. Следовательно, необходимо иметь возможности оказывать услуги по изготовлению объектов из химстойкого ПКМ и нанесению химстойкой футеровки на металлические поверхности.

В этой статье мы хотим показать применение ПКМ на примере Серноокислотного цеха №4 (СКЦ №4) в АГМК. В 2023 году в СКЦ №4 был проведен капитальный ремонт цеха. В рамках капитального ремонта нами были выполнены следующие работы: локальный ремонт металлических элементов поврежденных химической коррозией; изготовление и замена металлических газоходов на газоходы из стеклопластика.

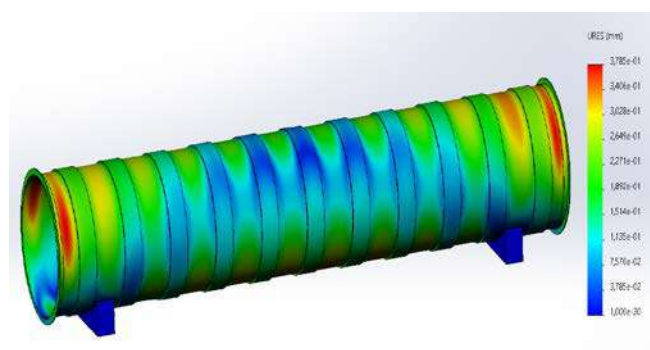
В таблице 1 приведен химический состав и свойства газа. Для определения физико-механических свойств стеклопластика были изготовлены и испытаны образцы стеклопластика по стандартам ASTM.

С помощью современных CAD/CAM программных пакетов был спроектирован и рассчитан под определенную нагрузку газоход. Газоходы имели диаметр 1800 и 2400 мм. На рисунке 1 приведен результат расчета элемента газохода на напряжения. На рисунке 2 приведен этап монтажа элемента газохода.

**Таблица 1.** Химический состав и свойства газа

Вещество	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	HF	T
Значение	6.7%	0.05%	14%	67%	6.5%	5.5%	1 mg/m <sup>3</sup>	50°C

Была проведена большая работа по локальным ремонтам. Поврежденные места старой футеровки были удалены, произведена абразивная зачистка участка и нанесен новый защитный слой с применением специального полимерного состава армированного стеклотканью. Таким способом восстанавливались фланцы, стены и несущие балки конструкции. Пример восстановления футеровки приведен на рисунке 3.



**Рисунок 1.** Эпюра напряжений.



**Рисунок 2.** Монтаж элемента газохода.



**Рисунок 3.** Локальный ремонт с применением ПКМ (до и после ремонта).

На сегодняшний день ООО «НМPLAST CORP» на территории технопарка «Чирчик» начало активно внедрять такие технологические процессы производства ПКМ как намотка, вакуумная инфузия, пропитка под давлением. Данные процессы являются автоматизированными и позволяют получать стабильно высокое качество изделий из ПКМ. Отработаны полимерные составы для применения в концентрированных средах при температурах до 100°C. Также ведутся изыскания по подбору комбинации ПКМ работающего в азотной кислоте.

## **ОБЗОР МОДЕЛЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИКРОГЕНЕРАТОРОВ**

М.В. Долгополов<sup>а, б</sup>, И.И. Марипов<sup>в</sup>, С.К. Отабоев<sup>в</sup>, С.А. Раджапов<sup>в</sup>, В.И. Чепурнов<sup>а</sup>,  
А.С. Чипура<sup>а</sup>, И.А. Шишкин<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С.П. Королева, Самара, Российская Федерация

<sup>б</sup> Самарский государственный технический университет, Самара, Российская  
Федерация

<sup>в</sup> Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз

al\_five@mail.ru

В статье представлен обзор современных моделей для идентификации и экстраполяции электрофизических характеристик солнечных элементов и микрогенераторов. Обзор включает моделирование и построение графиков электрофизических характеристик различных солнечных элементов и модулей, включая модели элементов с одним, двумя и тремя диодами [1-3]. Для учета потерь мощности на обратном токе насыщения диода было добавлено компенсирующее сопротивление последовательно с диодом.

Параметры каждой модели были оптимизированы в различных масштабах, включая текущие диапазоны, характерные для фотовольтаики и бетавольтаики [2, 4]. Были определены точки максимальной мощности.

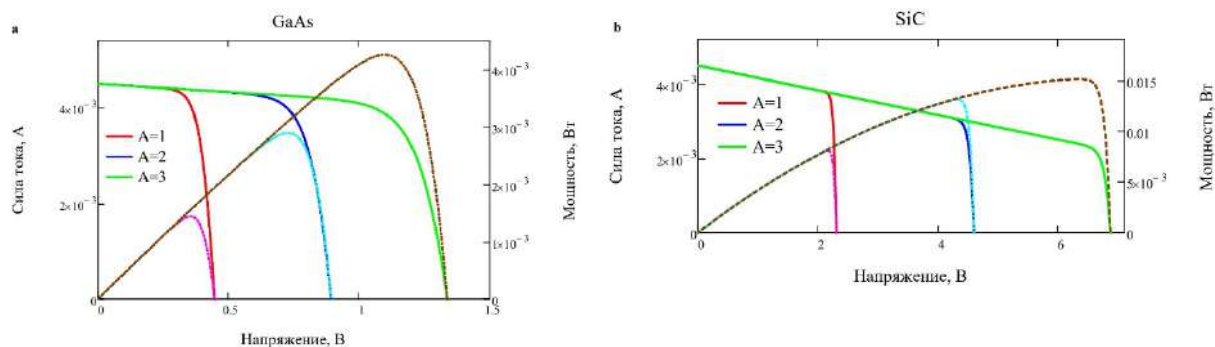


В отчете также показано, что поведение солнечных элементов может быть более точно описано с помощью математического выражения для соотношения тока и напряжения в цепи с использованием функции Ламберта W.

$$I = I_{ph} - I_0 \left( \exp \left( \frac{eU}{AkT} \right) - 1 \right) - \frac{U}{R_{sh}} \quad (1)$$

Произведено моделирование однодиодной модели (1) для GaAs и SiC на основе экспериментальных данных.

Авторы разработали методологию идентификации и экстраполяции параметров различных моделей с использованием экспериментальных данных.



**Рисунок 1.** ВАХ и ВВХ для общей эквивалентной однодиодной модели (1) GaAs(a) и SiC(b)

Это позволяет легко сравнивать теоретические и экспериментальные данные и работать с различными моделями в обоих направлениях – от эксперимента к теории и наоборот. Также были проведены экспериментальные работы по металлизации и формированию контактов для микрогенераторов и датчиков [6, 7].

Представленное исследование является вкладом в оптимизацию солнечных элементов и представляет методы моделирования и анализа, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях и разработках. Отчет завершается предложениями по прикладным задачам.

1. S.R. Fahim, H.M. Hasanien, R.A Turkey, S.H.E.A. Aleem, M.A. Calasan. Comprehensive Review of Photovoltaic Modules Models and Algorithms Used in Parameter Extraction. *Energies* 2022, 15, 8941.
2. М.В. Долгополов, М.В. Елисов, С.А. Раджапов, А.С. Чипура. Модели масштабирования электрических свойств фото- и бета-преобразователей с наногетеропереходами. *Computational Nanotechnology*. 2023. Т. 10. № 1. С. 137–145.
3. Э.З. Имамов, Р.А. Муминов, Р.Х. Рахимов, Х.Н. Каримов, М.А. Аскарлов. “Моделирование электрических свойств солнечного элемента с многими наногетеропереходами”, *Comp. nanotechnol.*, 9:4 (2022), 70–77
4. Cheddadi, Fatima & Cheddadi, Youssef & Errahimi, Fatima & Gaga, Ahmed. Numerical approach for parameter extraction of a photovoltaic module based on datasheet and five parameters model. *International Journal of Digital Signals and Smart Systems*. 2021. 5. 167.

5. М.В. Долгополов, В.И. Чепурнов, Г.В. Пузырная и др. Экспериментальное исследование полупроводниковых структур источника питания на углероде-14 // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2019. Т. 22. № 3. С. 55–67.
6. Контакты для SiC-преобразователей в диапазоне нано-микроватт А.В. Гурская, М.В. Долгополов, С.А. Раджапов, В.И. Чепурнов Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2023. №1. 2310103

## **АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ ZnS/Cu/ZnS, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ**

С.Х. Сулейманов\*, В.Г. Дыскин, М.У. Джанклич, Ш.Ё. Амиров

*Институт материаловедения АН РУз, Ташкент, Узбекистан*

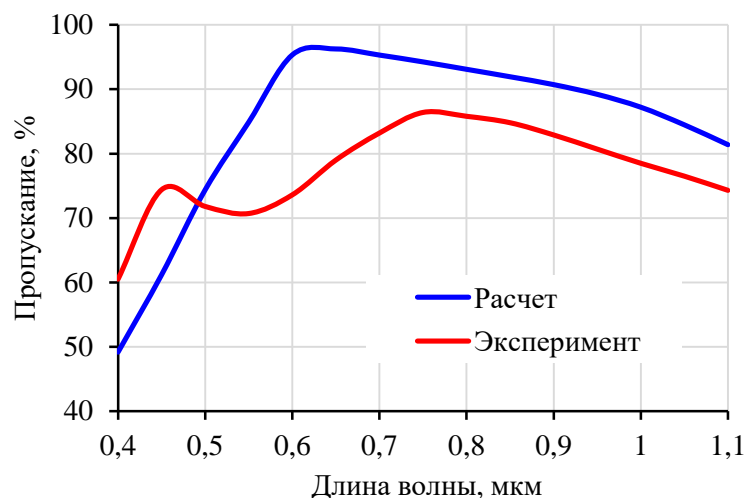
amirovshaxboz@mail.ru

Тренд современной городской архитектуры – это здания с высокой степенью остекления (40 – 70% внешней площади здания). Ранее проведенные исследования показали, что основной причиной потерь тепла в зданиях являются окна [1-3]. В современном градостроительстве проблема энергосбережения решается применением энергосберегающего остекления, основным компонентом которого являются теплопоглощающие, теплоотражающие и нейтрально-окрашенные стекла. Установлено, что теплоотражающие покрытия, наносимые на листовое стекло, позволяют значительно уменьшить потери тепла через окна и сократить затраты энергии на отопление зданий в зимнее время и их охлаждение летом.

Нанесение энергосберегающих покрытий на плоское строительное стекло в промышленных масштабах осуществляется на установках катодного напыления магнетронного типа. Магнетронные распылительные установки (МРУ) не только обеспечивают однородность покрытий, наносимых на большие площади, но и воспроизводимость оптических свойств слоев, их высокую адгезионную прочность [4].

Теплоотражающее покрытие (ТОП) – это трехслойное покрытие типа диэлектрик-металл-диэлектрик (ДМД). В качестве диэлектрических слоев ДМД покрытий используются диэлектрические материалы, прозрачные в видимой области спектра. Основным металлом ДМД покрытий является серебро. Для защиты слоя серебра от воздействия оксидной плазмы при магнетронном способе нанесения покрытий часто применяют тончайшие барьерные слои из металлов и сплавов Ti, NiCr, Cr, которые практически не влияют на оптические характеристики энергосберегающих покрытий. Очевидно, что производство такого типа ТОП экономически невыгодно: применение серебра, большое количество технологических операций. Поэтому была поставлена задача уменьшения издержек производства ТОП, используя современные композиционные материалы, синтезированные на Большой солнечной печи. На первом

этапе решения этой задачи необходимо было отработать технологию нанесения трехслойных ТОП на вакуумной установке УВН 71.



**Рисунок 1.** Зависимость пропускания покрытия ZnS/Cu/ZnS от длины волны

Предварительные результаты являются предметом данного сообщения. На стекло марки CSW-5860 0011 последовательно наносилась трехслойная система ZnS – Cu – ZnS [4]. Использовались порошок сульфида цинка марки ЧДА и медь чистотой 99.99%. Напыление выполнялось из молибденовых лодочек. Перед напылением стекло размерами 1.2×25×75 мм очищалось в ультразвуковой ванне, промывалось ацетоном, спиртом, деионизованной водой, а затем сушилось в атмосфере азота. Вакуумная камера очищалась тлеющим разрядом. Давление в вакуумной камере было не хуже  $5 \times 10^{-6}$  Па. Перед напылением стеклянная подложка грелась в течение 10 мин при температуре 200°C. Толщина пленок определялась массой навески. Коэффициент пропускания ТОП измеряли на спектрофотометре Lambda EZ 150. Результаты измерений приведены на рисунке 1.

Эксперимент показал, что трехслойное покрытие ZnS/Cu/ZnS может быть использовано в качестве ТОП.

1. Ф.Х. Ялышев Оптические методы контроля зданий и сооружений. Контроль качества теплозащиты. -Ленинград. Стройиздат. **1988**, 80 с.
2. В.В. Слепцов, Д.Д. Спиваков, *Теплоэнергетика*, **1999**, 4, 45-47.
3. И.Н. Михальчук, М.Ю. Липко, *Стекло и керамика*, **2000**, 4, 3-7.
4. Захаров А.Н., Ковшаров Н.Ф., Оскомов К.В., Работкин С.В., Соловьев А.А., Сочугов Н.С., *Перспективные материалы*, **2021**, 2, 62-70.

# ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНА С ДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

С.М. Данилова-Третьяк, К.В. Николаева, Л.Е. Евсеева

*A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

[dts@hmti.ac.by](mailto:dts@hmti.ac.by)

Полимерные материалы находят широкое применение в различных отраслях, в том числе являются перспективными для гелиотехники. Применение полимерных композиционных материалов позволит упростить производство солнечных коллекторов и других элементов гелиотехнических установок за счет стоимости самого материала и высокопроизводительных технологий формования. Кроме того, важным преимуществом полимерных материалов является возможность управления их свойствами, благодаря чему, например, повышается устойчивость элементов к климатическим и температурным воздействиям. Примерами использования полимерных материалов в солнечной энергетике служит замена кожуха солнечного коллектора на полимерный, изготовление трубопроводов и баков солнечных установок, изготовление поглощающей панели из высокотеплопроводного композиционного материала (до 2–4 Вт/м·К) [1-3 и др.].

В данной работе представлены результаты исследования теплопроводности и теплостойкости полимерных композиционных материалов на основе полиэтилена. Полиэтилен является наиболее востребованным полимером благодаря устойчивости к широкому ряду агрессивных сред, к термоокислительному старению, к воздействию воды, износостойкости. Чистый полиэтилен характеризуется невысоким значением коэффициента теплопроводности (0.27 Вт/м·К). Введение дисперсных наполнителей является одним из способов повышения теплопроводящей способности полимера. В качестве наполнителей в данной работе использованы оксиды некоторых металлов, алюминиевая пудра, покрытая слоем  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , SiC, BN, углеродные материалы.

Показано, что оксидные наполнители повышают теплопроводность полимера при условии, что их собственная теплопроводность выше, чем у чистого полимера. Например, коэффициент теплопроводности ZnO составляет 54 Вт/м·К, и введение этого оксида в линейный полиэтилен повышает его теплопроводность до 2 раз при 50% массовом наполнении. Однако достаточно высокотеплопроводный оксид магния не вызывает столь заметного повышения теплопроводности, поскольку, в силу его гигроскопичности, без предварительной обработки наполнитель характеризуется присутствием адсорбированной влаги, которая при изготовлении композита испаряется, образуя пористую структуру. Именно поэтому плотность, а соответственно и теплопроводность композита при увеличении концентрации магнийсодержащего наполнителя заметно уменьшается по сравнению с остальными материалами. Полимерный материал остается достаточно стабильным с точки зрения

теплостойкости, температура плавления повышается не более, чем на 2% при высоком наполнении.

Высокотеплопроводные наполнители без обработки поверхности позволяют достичь теплопроводности композитного материала в 2-3 раза выше чистого полимера, при этом температура плавления снижается на несколько градусов. Интересный результат получен при использовании алюминиевой пудры. Достигнут коэффициент теплопроводности композитного полимерного материала на уровне 1.6-1.8 Вт/м·К при незначительном повышении теплостойкости материала. При этом композит не является электропроводным.

Хаотичное наполнение углеродными наполнителями повышает теплопроводность полимера, но высокое наполнение приводит к разрыхлению структуры и приводит к обратному эффекту.

Таким образом, дисперсное наполнение полимерной матрицы частицами различной природы приводит к изменению теплофизических свойств материала. Перспективным является наполнение высокотеплопроводными наполнителями, однако только комплексное исследование физико-химических характеристик позволит определить наиболее оптимальный композитный материал для использования в гелиотехнических установках.

1. М.Ю. Ощепков и С.Е. Фрид, *Композитный мир*, **2015**, 5, 60-67.
2. А.Н. Алешин, *Инновации*, **2012**, 7(165), 96-108.
3. J.L. de la Pena and Roberto Aguilar, *Energy Procedia*, **2014**, 57, 2205-2210, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.187>.

## OPTIMIZATION OF PELLETIZING AND SINTERING CONDITIONS FOR THE FABRICATION OF POROUS $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ CATHODE MATERIAL

M. Pecherskaya<sup>a</sup>, S. Ibodullaev<sup>a, b</sup>, F. Hoshimov<sup>a, c</sup>, Kh. Butanov<sup>a, c</sup>, Sh. Mamatkulov<sup>a</sup>, Song Yoseb<sup>d</sup>, Bum Sung Kim<sup>d\*</sup>

<sup>a</sup> *Institute of Materials Science, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Physic-technical Institute, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>c</sup> *National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources under Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>d</sup> *Korea Institute for Rare Metals, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon, Republic of Korea*

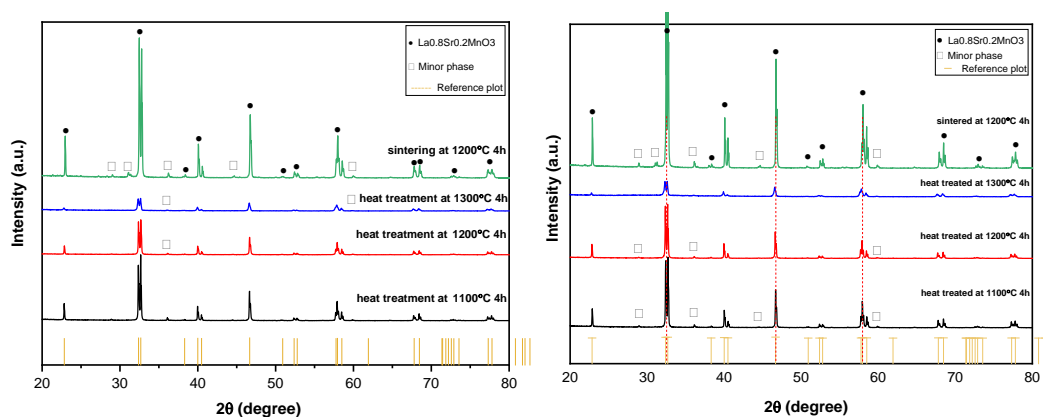
bskim15@kitech.re.kr

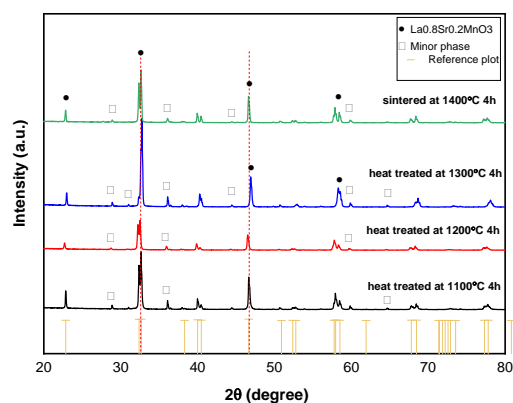
Modern trends in the energy sector are associated with an increase in the efficiency of power plants, which leads to the development of fuel cell-based power generators. Depending on the cell type, the fuel can be hydrogen, synthesis gas, or other alternative fuel. High efficiency and the possibility of using hydrogen as a fuel are the reasons for the increased interest in solid oxide fuel cells (SOFCs). A plethora of published literature deals with

SOFCs, but most of them are still not widely used commercially and require optimization-based approaches for process synthesis. The selection of materials and method of fabrication play an important role in the functioning of SOFCs. The current experimental work is mainly focused on optimizing the synthesis process (such as raw materials, methods of fabrication and sintering conditions) of a porous cathode material,  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  with a perovskite-like structure for an anode-supported solid oxide fuel cell. Controlling these parameters may allow us to achieve the high properties of the obtained materials.

Porous  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  cathode material was fabricated by the solid-state reaction with various synthesis techniques, such as oxides mixed using the wet ball milling route, nitrates mixed using wet ball milling route, and oxides mixed using a mortar and pestle; and followed by the sintering of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  pellets. Phase identification, density measurement, and observation of morphology were conducted on samples fabricated using various approaches. These studies are important for understanding the reaction mechanism and optimizing cathode materials for SOFC. The investigated materials were characterized by X-ray diffraction (XRD) analysis for phase identification and to determine the crystallite sizes, field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) for observation of particle and agglomerate morphology and density measurement of the pellets using the Archimedes' method. X-ray diffraction patterns for the heat treated  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  powder and sintered pellets demonstrated the formation of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  hexagonal perovskite (ICDD 98-009-7866) and some amount of minor phase formation (Fig. 1).

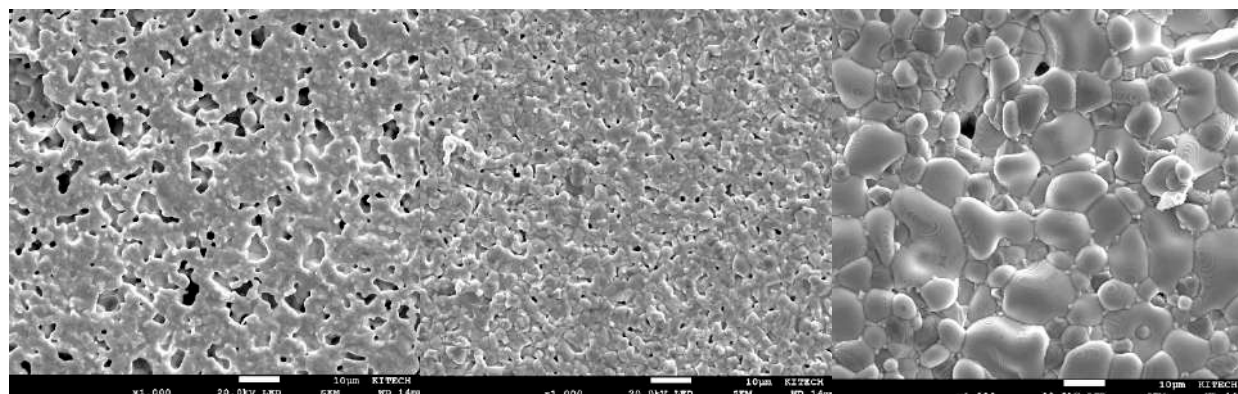
The features of the process of phase formation and the relationship between the chemical composition and crystal structure are revealed. The study of the crystal structure of the  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  compositions made it possible to determine the regions of existence of a single-phase structural state, as well as the regions of coexistence of structural phases. SEM data shows the influence of heating temperature on the morphology of the obtained material and the effect of different sintering temperatures on the total porosity (Fig. 2).





**Figure 1.** Comparative analysis of XRD patterns of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  powder and pellets fabricated by: a) the oxide mortar route; b) the oxide ball mill route; and c) nitrate ball mill route.

The current experimental results suggest a good compromise between phase formation and porosity of the investigated material (pellets), which was found at 1200°C for 4 h for the sample fabricated by the oxide mortar route with the relative density value about 81.58%; at 1200°C for 4 h for the oxide ball milling route with the relative density value about 86.91%; and at 1400°C for 4 h for the sample fabricated by the nitrate ball milling route with the relative density value about 81.38%. It means that sintering at a low temperature exhibits high porosity due to incomplete densification.



*Oxide mortar route  
at 1200°C for 4 h*

*Oxide ball mill route  
at 1200°C for 4 h*

*Nitrate ball mill route  
at 1400°C for 4 h*

**Figure 2.** SEM analysis of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  after sintering.

*Acknowledgements.* The authors gratefully thank Professor Bum Sung Kim and Dr. Song Yoseb and scientific groups from Korea Institute for Rare Metals and the Korea Institute of Industrial Technologies for assistance and valuable contributions to this work. This work was performed in the framework of the scientific internship program (Contract No. 114 from December 5, 2022) and applied scientific project (No. Φ3-201906066) supported by the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

# NUMERICAL SIMULATION OF PRESSURE-DRIVEN FILLING FOR THE FABRICATION OF IN-SN NANOWIRES USING NANOPOROUS ANODIC ALUMINUM OXIDE

Kh. Butanov<sup>a, b\*</sup>, F. Hoshimov<sup>a, b</sup>, Sh. Mamatkulov<sup>b</sup>, O. Ruzimuradov<sup>b, c</sup>

<sup>a</sup> *National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources under Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Institute of Material Science, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

<sup>c</sup> *Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan*

kh.butanov@imssolar.uz

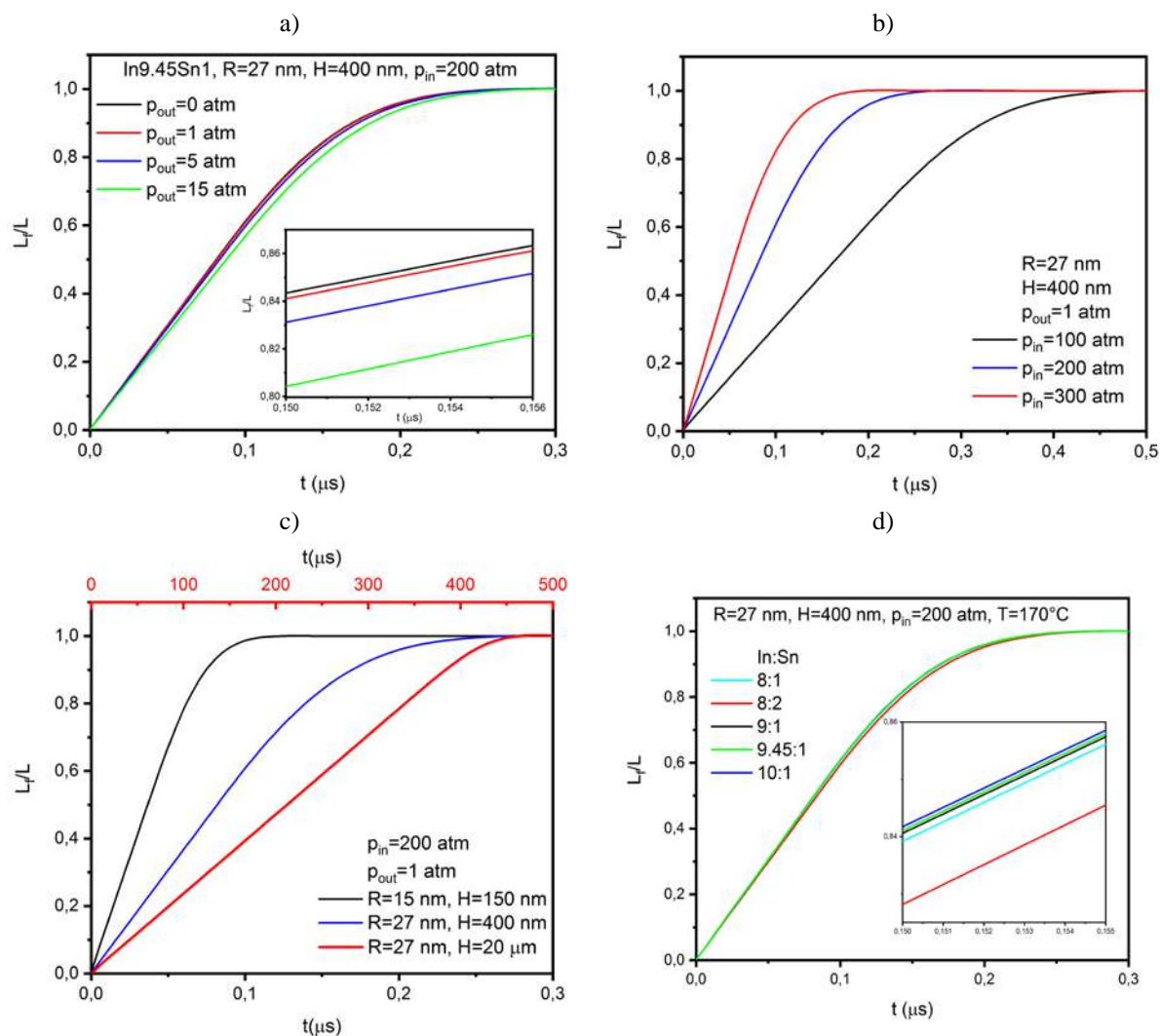
This study developed a computational model to optimize the pressure-driven filling of In-Sn alloy into AAO templates. The model showed that pressure is important for efficient filling without defects that decrease device performance, but excessive pressure can cause template breakage and process failure. Therefore, optimal pressure levels need to be determined to achieve efficient filling without undesired effects. This study helps to improve electronic device performance by enhancing filling process of In-Sn alloy into AAO templates.

The simulation results show that the optimal pressure value for uniform deposition of the In-Sn binary alloy in AAO nanochannels with a radius of 27 nm and a length of 400 nm is 200 atm, with a heating temperature of 170°C and a filling time of 0.3 μs.

Metal oxide nanowires (NWs), with high surface area and excellent photoelectric properties, have gained attention in scientific research for their potential in various applications [1-3]. Among them, indium tin oxide (ITO) is widely used in optoelectronics due to its high transparency and low resistivity [4]. ITO NWs can be used for biomolecule labeling, surface-enhanced Raman signal detection, and as radiation detectors [5-7]. The growth process of In-Sn nanowires with various weight ratios (ratio of 8:1, 8:2, 8.7:1, 9:1, 9.45:1 and 10:1 in weight) in an AAO nanochannel was investigated using finite element method [8]. This study aimed to develop a simple fabrication method for high-quality ITO nanowires and contribute to efficient optoelectronic device development. COMSOL Multiphysics simulation [8] and mathematical modeling were used to analyze pressure-driven filling of liquid binary alloys in AAO nanochannels. The time dependent Navier-Stokes equation modeled fluid dynamics and the continuity equation was used to model mass conservation.

The effect of the outlet pressure on liquid alloy filling in nanochannels was examined by varying the outlet pressure from 0 to 15 atm while maintaining a constant inlet pressure (200 atm), reference temperature (170°C), and reference pressure (1 atm) with fixed nanochannel size. Result shows that the filling process for In<sub>9.45</sub>Sn<sub>1</sub> liquid alloy is not significantly affected by changes in outlet pressure, as demonstrated in Figure 1a.





**Figure 1.** Normalized filling length of In<sub>9.45</sub>Sn<sub>1</sub> (a) at different outlet pressures, (b) at different inlet pressures, (c) at different nanochannel sizes and (a) at the different concentrations of In-Sn alloy.

Figure 1b shows the results of In<sub>9.45</sub>Sn<sub>1</sub> liquid alloy filling process at different inlet pressures. At 100 atm of inlet pressure, filling time is 0.5  $\mu$ s, which makes it inefficient for In<sub>9.45</sub>Sn<sub>1</sub> NWs fabrication. At 300 atm, delamination can occur due to weak metallic bond between indium and tin. These processes are sufficient for qualitative comparison of filling in AAO nanoporous.

As shown in Figure 1c, the effect of the AAO nanochannels size on the process of In<sub>9.45</sub>Sn<sub>1</sub> alloy filling under constant inlet pressure (200 atm) was studied. It shows that as the nanochannel size increases, the filling time of the alloy also increases. This suggests that the physical mechanism of time-dependent fluid filling was affected by the size of the nanochannel.

A filling process of In-Sn alloy at different concentration of In and Sn at 200 atm inlet pressure and 170°C working temperature also studied (Figure 1d). The results demonstrate

that filling time decreases as tin concentration increases. Similarly, filling time decreases with increasing indium concentration.

A mathematical model was developed to simulate the pressure-driven filling of In-Sn binary alloys in closed-end AAO nanowire channels. Using COMSOL Multiphysics 6.0, a 1D model of the nanochannel was constructed, and the flow equation was solved in both the laminar flow and dilute particle transport approximations. The study investigated the effect of inlet and outlet pressures and channel size on the filling process and flow time distribution. Results showed that nanowire growth in nanochannels can be optimized for sizes of 1  $\mu\text{m}$  and larger, and geometric calibration is necessary for accurate simulation. Simulation can determine the necessary pressure and heating temperature for uniform deposition, which is important in the fabrication of ITO NWs.

1. Pruna R., Lopez M., Teixidor F. Tuning the deposition parameters for optimizing the faradaic and non-faradaic electrochemical performance of nanowire array-shaped ITO electrodes prepared by electron beam evaporation, *Nanoscale*, 11(1): 276-284 (2019)
2. Yang F., Guo J.M., Zhao L., Shang W.Y., Gao Y.Y., Zhang S., Gu G.Q., Zhang B., Cui P., Cheng G., Du Z.L. Tuning oxygen vacancies and improving UV sensing of ZnO nanowire by micro-plasma powered by a triboelectric nanogenerator, *Nano Energy*, Jan (2020)
3. Tavakoli M.M., Tavakoli R., Yadav P., Kong J. A graphene/ZnO electron transfer layer together with perovskite passivation enables highly efficient and stable perovskite solar cells, *J Mater Chem A*, 7(2): 679-686 (2019)
4. O'Dwyer C., Szachowicz M., Visimberga G., Lavayen V., Newcomb S.B., Torres C.S. Bottom-up growth of fully transparent contact layers of indium tin oxide nanowires for light-emitting devices, *Nat. Nanotechnol.* 2009, 4, 239–244
5. Kumar N., Parajuli O., Feng M., Xu J., Hahm J.I. Facile fabrication and biological application of tin-rich indium tin oxide nanorods, *Appl Phys Lett*, 96(5): (2010)
6. Zhao S.Q., Guo Y., Song S., Choi D., Hahm J.I. Application of well-defined indium tin oxide nanorods as Raman active platforms, *Appl Phys Lett*, 101(5): (2012)
7. Zhao S.Q., Zhang J.R., Shi H.J., Yan K.K., Huang C., Yang L.M., Yang R., Zhao K., Infrared laser-induced fast photovoltaic effect observed in orthorhombic tin oxide film. *Chinese Phys B*, 25(2): (2016)
8. COMSOL Multiphysics® v. 6.0. [www.comsol.com](http://www.comsol.com). COMSOL AB, Stockholm, Sweden

*Acknowledgments:* This work supported by the fund of the Key Special Projects of the Ministry of Science and Technology (China: 2021YFE0104300, Uzbekistan: MUK-2021-45).

# INVESTIGATION OF CARBON BLACK –BASED NiO-YSZ COMPOSITE ANODE FOR SOLID OXIDE FUEL CELL

S.Ibodullaev<sup>a, b</sup>, M.Pecherskaya<sup>a</sup>, F.Hoshimov<sup>a, c</sup>, Kh.Butanov<sup>a, c</sup>, Sh.tMamatkulov<sup>a</sup>,  
Song Yoseb<sup>d</sup>, Bum Sung Kim<sup>d\*</sup>

<sup>a</sup> *Institute of Materials Science, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>b</sup> *Physic-technical Institute, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>c</sup> *National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources under Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>d</sup> *Korea Institute for Rare Metals, Korea Institute of Industrial Technology, Incheon, Republic of Korea*

bskim15@kitech.re.kr

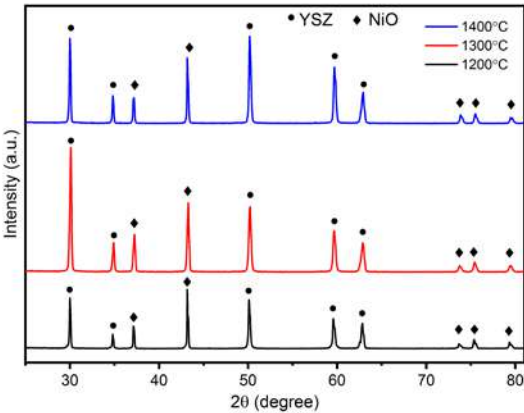
Solid oxide fuel cells (SOFCs) have received increasing attention in the past few decades, especially with the nickel oxide-yttria-stabilized zirconia (NiO-YSZ) composite anode, which being a popular research area due to its cost-effectiveness and strong electrocatalytic properties. The porosity of the anode is critical to its performance, mainly in an anode-supported configuration, as it allows diffusion of the hydrogen fuel and reaction by-products. Here, we investigate the suitability of a carbon black based NiO-YSZ composite anode, which is expected to exhibit improved porosity and electrocatalytic properties. The main focus of this work is the development and fabrication of a porous anode material for anode-supported SOFC, where the effect of adding carbon black as a pore-former is found to be an effective way to create the required porosity by adjusting the addition amount. However, the synthesis of these materials is challenging, and requires careful control of the particle size, morphology, and density of the materials. There are several methods to create additional porosity in the anode, including adjusting the sintering process, converting NiO to Ni, and using pore former agents. In our study, we use carbon black (CB) powder as a pore former agent, which is added to the powder mixtures slurry to achieve an optimal level of porosity. During the burnout process, organic pore formers are utilized to generate additional pores, which create continuous gas diffusion paths.

The experimental method used to synthesize the 40wt.%NiO-60wt.%8YSZ composite material involved a solid-state reaction method and mixed with carbon black pore former in order to observe how they modify its microstructure and porosity. The reagents used were commercially available YSZ containing 8 mol.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (TZ-8YS, Tosho Co., 99.9%) and NiO (Thermo Scientific, 99%) powders and carbon black (EC 600 JD Lion specialty chemicals). The solid-state reaction method involves the mixing of the starting materials, followed by pressing and heating at different high temperatures to promote the reaction between the components and the formation of the composite material.

The synthesized materials were characterized by using different analysis techniques such as XRD, FE-SEM and density measurements.

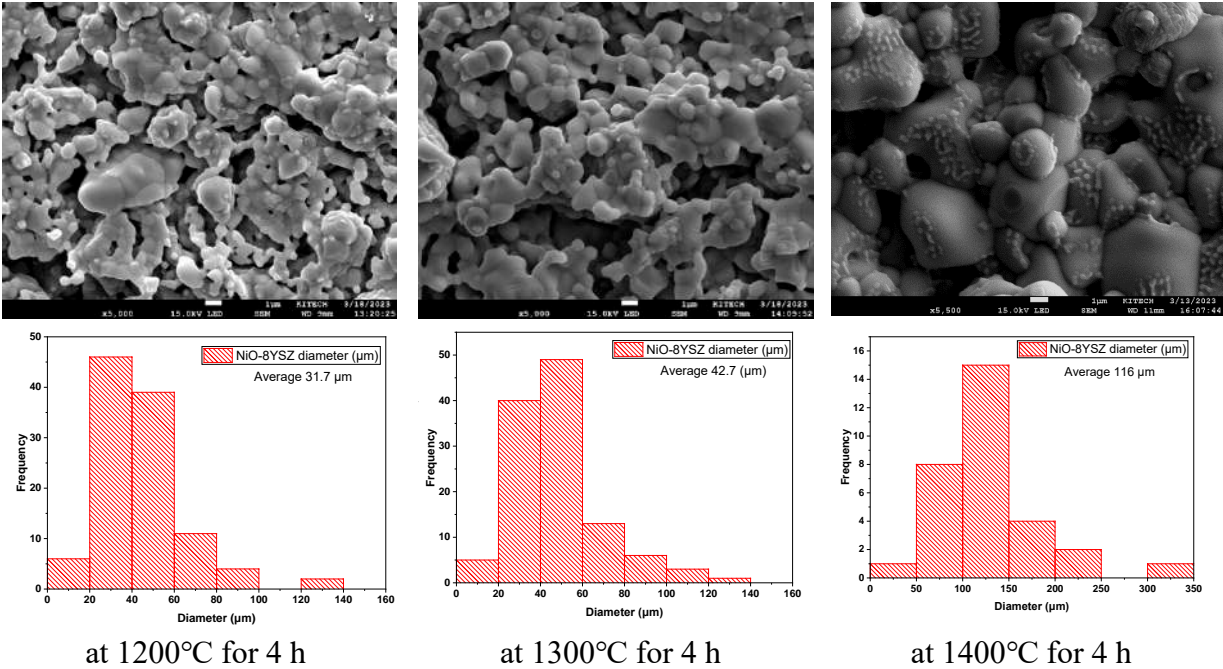
XRD patterns of the obtained material show that the NiO-8YSZ composite powder contains two crystalline phases, i.e., the NiO with a cubic structure and the YSZ with a cubic

structure. No second phases or impurities are present (Fig. 1). The sintering NiO-8YSZ composite material higher than 1300°C for 4 h, show a few amount of solubility of NiO into 8YSZ.



**Figure 1.** XRD patterns of 40wt.% NiO-60wt.% YSZ-CB pellets heat treated at different temperatures

The SEM images in Fig. 2 shows the influence of heating temperature on the morphology of the obtained material and the effect of different sintering temperatures on the total porosity. Moreover, SEM images show that the NiO-YSZ composite material are constituted of agglomerates of particles with average size about 31.7 μm for sample heat treated at 1200°C for 4 h, about 42.7 μm for sample heat treated at 1300°C for 4 h, and about 116 μm for sample heat treated at 1400°C for 4 h.



**Figure 2.** SEM images of 40wt.% NiO-60wt.% YSZ-CB pellets heat treated at different temperatures

The density of sintered pellets was determined using Archimedes’ technique. Based on

this data, the relative density was calculated. The relative density of sintered pellets at 1200°C for 4 h was around 98.63% (with density 5.98 g/cm<sup>3</sup>); at 1300°C for 4 h was 95.33% (with density 5.78 g/cm<sup>3</sup>); at 1400°C for 4 h was 92.86% (with density 5.63 g/cm<sup>3</sup>). The results show a decrease in density of NiO-8YSZ-CB with increasing temperature, which can be attributed to thermal expansion and sintering of the material, and are in good agreement with literature data.

*Acknowledgements.* The authors gratefully thank Professor Bum Sung Kim and Dr. Song Yoseb and scientific groups from Korea Institute for Rare Metals and the Korean Institute of Industrial Technologies for assistance and valuable contributions to this work. This work was performed in the framework of the scientific internship program (Contract No. 114 from December 5, 2022) and applied scientific project (No. ФЗ-201906066) supported by the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan.

## **АДСОРБЦИОННАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ YSZ: ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Ж.В. Мезенцева<sup>а</sup>, А.С. Дорошкевич<sup>а</sup>, Б.Л. Оксенгендлер<sup>б</sup>, Н.Н. Никифорова<sup>б</sup>,  
S.B. Lyubchuk<sup>в</sup>, A.I. Lyubchuk<sup>г</sup>, S.I. Lyubchuk<sup>г</sup>, Е.А. Кибардина<sup>д</sup>, А.К. Кириллов<sup>а</sup>,  
Т.А. Василенко<sup>е</sup>, А.С. Захарова<sup>ж</sup>

<sup>а</sup> *Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия*

<sup>б</sup> *Институт плазменных и лазерных технологий им. Арифова, Узбекистан*

<sup>в</sup> *Lusófona University, IDEGI, Campo Grande, 376 1749-024 Lisboa, Portugal*

<sup>г</sup> *DeepTechLab, Faculty of Engineering, Lusófona University, Lisbon, Portugal*

<sup>д</sup> *Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия*

<sup>е</sup> *Санкт-Петербургский Горнодобывающий Университет, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>ж</sup> *Московский Государственный Университет, Москва, Россия*

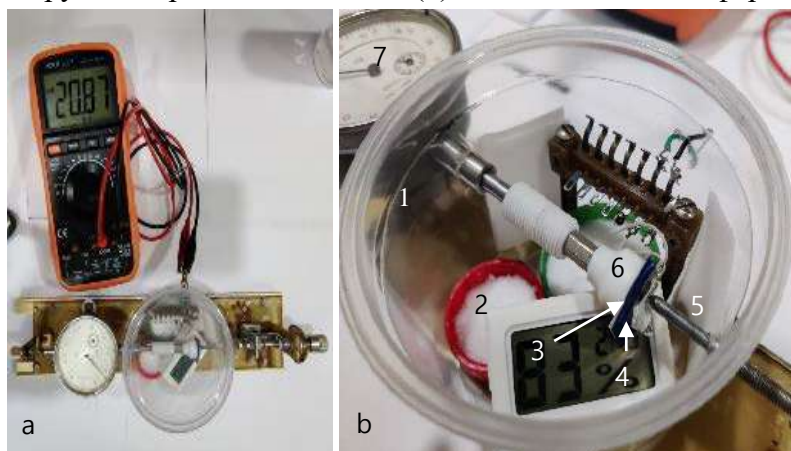
doroh@jinr.ru

Доппированная иттрием нанопорошковая система на основе ZrO<sub>2</sub> (YSZ) представляет интерес в качестве модельного объекта для развивающейся адсорбционной гидроэнергетики и гомогенной электроники ввиду свойственных ей размерных эффектов адсорбционной природы [1]. В частности, адсорбция молекулярной влаги на поверхности наночастиц YSZ приводит к формированию в приповерхностной области (Дебаевская длина экранирования  $L=f(\epsilon, T, n)$ ) области пространственного заряда (ОПЗ) р-типа [2, 3], которая обеспечивает возможность электронного обмена наночастиц с внешней средой [4]. Геометрические особенности поверхности наночастиц во многом определяют их электронные свойства: контакт наночастиц идентичного химического состава, но различного размера, приводит к формированию барьерного потенциала [5].

Практическая реализация выпрямляющего контакта на основе планарных

нанопорошковых объектов для нужд адсорбционной гидроэнергетики и гомогенной электроники была целью данной работы.

Камера образца (1, рис. 1) представляла собой закрытую емкость объемом 350 мл с контролируемой при помощи солей (2) влажностью атмосферы (рис. 1а).



**Рисунок 1.** Внешний вид экспериментального макета (а) и устройство камеры образца (b), где 1-камера образца; 2-соль, котролирующая влажность атмосферы в объеме камеры образца; 3-4 планарные элементы – компоненты образца перехода; 5-эллиптически заточенная игла – толкатель, 6 – фторопластовая наковальня, 7-механический измеритель перемещения.

Исследуемый объект представлял собой механический эллиптический контакт двух планарных объектов (3, 4, рис. 1b) в виде пленок на основе ПВХ – связующего с нанопорошковым наполнителем ( $ZrO_2 - 3 \text{ mol}\% Y_2O_3$  с размером частиц 7.5 и 10 нм, соответственно), нанесенных на позолоченную медную фольгу (компоненты образца перехода).

Было установлено, что сопротивление прямой ветви в 1.8 раза ниже (16,2МОм), чем сопротивление обратной ветви (29.67 МОм), в течение всего времени измерения, причем, имеет место тенденция к росту разницы сопротивлений со временем.

*Acknowledgments.* The study was performed in the scope of the H2020/MSCA/RISE/SSHARE number 871284 project, Serbia - JINR cooperation Projects № 178 2021 items 7 and 8, Belarus - JINR cooperation Projects № 308 items 21 and 22.

1. Волькенштейн Ф.Ф. Электронная теория катализа на полупроводниках. М.: ИФМЛ, 1960. 216 с
2. В.И. Алексеенко, Г.К. Волкова // ЖТФ, 2000, том 70, вып. 9. С.57-62.
3. А.С. Дорошкевич, и др. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2015, № 6, с. 41–50. DOI: 10.7868/S0207352815060062.
4. A.S. Doroshkevich, end al. // Applied Nanoscience. 9(8), 1603-1609 DOI10.1007/s13204-019-00979-6.
5. Doroshkevich and al.//Applied Materials Today Preprints 2022, 2022060075 (doi: 10.20944/preprints202206.0075.v1).

**СЕКЦИЯ III**  
**«МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ**  
**ЭНЕРГЕТИКИ»**

**STABILITY ASSESSMENT OF REFRACTORIES AT HIGH**  
**TEMPERATURE CORROSIVE ATMOSPHERE AS ENERGY**  
**STORAGE MATERIALS IN SOLAR THERMAL SYSTEMS**

Nur Sena Yüzbasi, Thomas Graule, Gurdial Blugan

*Laboratory for High Performance Ceramics, Empa, Swiss Federal Laboratories for*  
*Materials Science and Technology, Duebendorf, Switzerland*

Concentrated solar power (CSP) plants convert sunlight into high-temperature heat, which can be used for production of solar fuels. One of the key aspects to enable economically viable solar fuel production is the implementation of a thermal energy storage (TES) unit that enables stable and round-the-clock operation of thermochemical reactors. Current CSP plants are under broad industrial development; however, adapted TES materials and systems are still not available specifically for high temperature applications above 1000°C. This study targets the selection of cost-effective ceramic-based storage and insulation materials that are compatible with the high temperatures and can withstand multiple heat charging/discharging cycles using steam as heat transfer fluid. In this context, commercially available alumina, mullite and magnesia based storage materials were selected and their compatibility with steam was assessed in a high-temperature corrosion setup. Corrosion resistance of the selected materials were tested at 1250°C for 500 h in a cyclic manner. Additionally, materials were tested also under air atmosphere (without steam flow) as a reference case for comparison purposes. Weight and volume of each tested specimen were measured after each test run to follow the degradation in the selected materials upon steam exposure by time. The changes in phase composition and morphology were evaluated using X-ray diffraction (XRD), optical and scanning electron microscopy techniques before and after corrosion tests. Steam corrosion tests indicated that vibro-casted refractories are more prone to gain weight upon steam exposure when compared to hydraulically pressed refractories; however, overall phase composition was changing only marginally during corrosion testing for mullite based refractories. On the other hand, in the case of magnesia-based refractories, a white layer formation was observed on the tested specimens and the phase change was more prominent compared to mullite based refractories. Formation of calcium magnesium silicate ( $\text{CaMgSiO}_4$ ) and magnesium silicate ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) was detected after corrosion tests, as confirmed by XRD.

# SILICON OXYCARBIDE-TIN NANOCOMPOSITE DERIVED FROM A UV CROSSLINKED SINGLE SOURCE PRECERAMIC PRECURSOR AS HIGH-PERFORMANCE ANODE MATERIALS FOR LI-ION BATTERIES

Gurdial Blugan<sup>a</sup>, Dominik Knozowski<sup>b</sup>,  
Pradeep Vallachira Warriam Sasikumar<sup>a</sup>, Monika Wilamowska-Zawłocka<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Laboratory for High Performance Ceramics, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Dübendorf CH-8600, Switzerland*

<sup>b</sup> *Department of Energy Conversion and Storage, Faculty of Chemistry, Gdańsk University of Technology, Narutowicza 11/12, Gdańsk 80-233, Poland*

In this work, we report an innovative and facile UV light-assisted synthesis of a nanocomposite based on silicon oxycarbide (SiOC) and tin nanoparticles. SiOC ceramic matrix, containing a conductive free carbon phase, participates in lithium-ion storage, and buffers the volume changes of Li-alloying/de-alloying material. The reported synthesis procedure through a polymer-derived ceramic route involves the preparation of a single-source precursor by UV crosslinking of a preceramic polymer in the presence of a tin precursor. Pyrolysis of this starting precursor at 1000°C leads to a homogenous distribution of tin nanoparticles (25–35 nm) within the SiOC ceramic matrix, which is crucial for electrochemical stability of the material. SiOC/Sn nanocomposite tested as an anode for Li-ion battery exhibits high reversible capacity values (603 mAh g<sup>-1</sup> at the current density of 74.4 mA g<sup>-1</sup>), outstanding rate capability (524 mAh g<sup>-1</sup> at 2232 mA g<sup>-1</sup>), and superior stability (494 mAh g<sup>-1</sup> after 250 charge/discharge cycles).

## DEVELOPMENT OF TRANSITION METAL DICHALCOGENIDES FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION

Kamoladdin Saidov<sup>a, b, c</sup>, Gurdial Blugan<sup>a</sup>, Olim Ruzimuradov<sup>d</sup> and Odilkhuja Parpiev<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Laboratory for High Performance Ceramics, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Dübendorf, Switzerland*

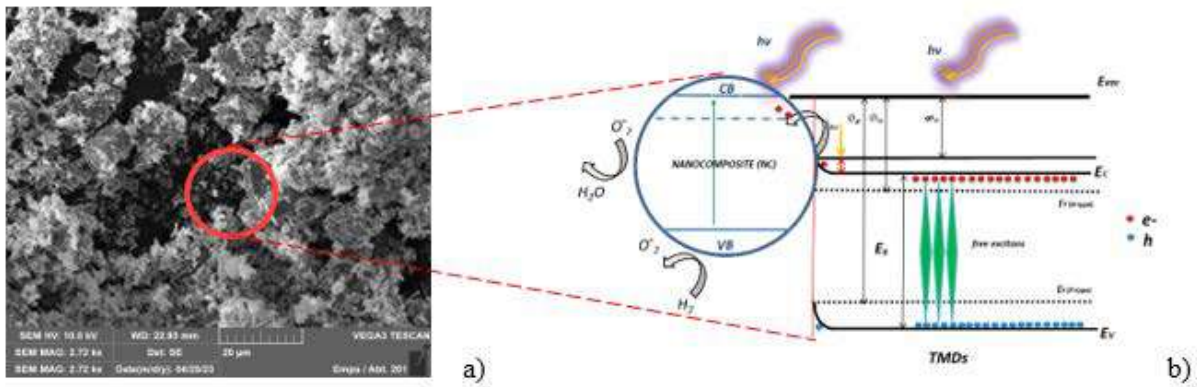
<sup>b</sup> *Institute of Material Science, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*

<sup>c</sup> *National Scientific Research Institute of Renewable Energy Sources under Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan*

<sup>d</sup> *Department of Natural and Mathematic Sciences, Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan*

Due to their low price, abundance, and superior conductivity, transition metal dichalcogenides (TMDs) are being used in hydrogen evolution reactions (HERs) with growing interest. However, transparent comparisons of transition metal chalcogenides for HER are rarely done. In this abstract, we provide a simple hydrothermal approach for the synthesis of a series of molybdenum chalcogenide nanostructures, MoX<sub>2</sub> (X=S, Se, Te).





**Figure 1.** (a) SEM images of bulk NiCoO<sub>2</sub>@MoS<sub>2</sub>. (b) Schematic diagram of the interface charge-carrier transfer of photocatalysis for NiCoO<sub>2</sub> decorated TMDs under visible light irradiation.

Ferroelectricity, pyroelectricity, piezoelectricity, and second-harmonic production are just a few of the technologically significant qualities that metal oxides with macroscopic noncentrosymmetric (NCS) structures can display. By using hydrothermal technique, a series of molybdenum dichalcogenide nanostructures MoX<sub>2</sub> were created and used as an electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction. The activity of these catalysts is rated via electrochemical analysis. The best performance of MoS<sub>2</sub> could be attributed to its predominance electronic conductivity in additional to other factors affecting HER [1].

In conclusion, a simple hydrothermal method was used to manufacture a multi-facet structured MoSe<sub>2</sub> and its NiCoO<sub>2</sub> nanocomposite [2], which was then used as an electrocatalyst for HER application. The sample's electrochemical reaction tends to rise as the number of active interfacial sites grows. The high surface area of NiCoO<sub>2</sub> contributed additional active surface area, which led to the NiCoO<sub>2</sub>@MoS<sub>2</sub> materials' exceptional HER activity.

1. doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.175
2. doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.192

## MORPHOLOGY DEPENDENT PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF THE ZnO NANOSTRUCTURES SYNTHESIZED BY MILD HYDROTHERMAL METHOD

A.S. Esbergenova<sup>a, b</sup>, U.A. Shaislamov<sup>a, b\*</sup>

<sup>a</sup>Center for Development of Nanotechnology at the National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>b</sup>Department of physics, National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

sulugbek@gmail.com

Continues growth of Earth's population increases the world-wide demand for energy supply. On the other hand depletion of foccile fuels, such as oil, gas and coal and their negative impact on the environment urges the research, development and widespread

implementation of renewable energy sources such as solar, wind, hydropower and others. In this regard effective utilization of solar energy by using nanostructured materials is viewed as a promising is viewed as a promising approach in the years to come.

Photocatalyst technology has been considered as a promising method of effectively utilization of solar energy owing to its simplicity, cost effectiveness and wide application range, such as hydrogen generation [1], reduction of carbon dioxide to hydrocarbons, water and air purification and antibacterial applications. It is known that physical and chemical properties of the nanostructures, such as particle size distribution, morphology (nanorod, nanoparticle, multipods, etc.), specific surface area play an important role in their catalytic properties. Therefore, it is of great interest to study size, morphology and composition effects of the nanostructures on their photocatalytic properties.

Among many other semiconductors, ZnO have attracted much attention as a photocatalyst material due to its high photocatalytic activity, environmental comparability, abundance, and low cost [2]. ZnO nanostructures with various shape, size and morphology can be synthesized by using hydrothermal, sol-gel, CVD methods. chemical precipitation, and others.

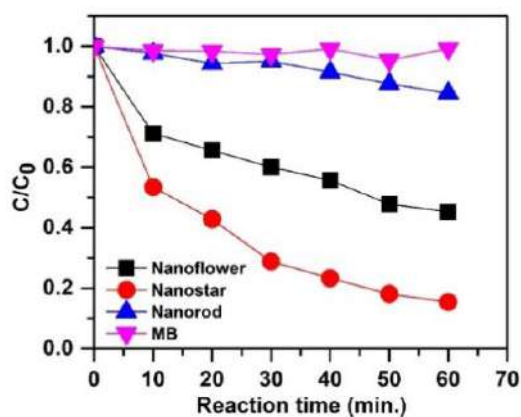
In this work a facile, low temperature hydrothermal method was adopted to successfully synthesize ZnO nanostructures. Morphology of the ZnO nanostructures were controlled by modifying the hydrothermal synthesis parameters. Morphological characterization has revealed that by controlling Zn precursor and alkaline content it is possible to modify the morphology of the structures. Figure 1 shows schematical illustration of ZnO nanostructures synthesized by using hydrothermal method with different ratio of Zn/alkaline in the solution.



**Figure 1.** Schematic illustration of the ZnO nanostructures with various morphology synthesized by varying hydrothermal synthesis condition.

It was found that ZnO nanostructures with nanoflower, nanostrar and nanorod morphology could be obtained by varying alkaline content in the hydrothermal solution. Further, results of photocatalytic tests have shown that morphology of the ZnO nanostructures has a great effect on their photocatalytic activity as shown in the Fig. 2.

Figure 2 shows reduction of MB concentration under UV light illumination in the presence of ZnO nanostructures with different morphology. Results reveal that ZnO with the nanostar morphology demonstrate superior photocatalytic activity compared to other morphologies.



**Figure 2.** Photocatalytic activity of the ZnO nanorods with different morphology in the photodegradation of MB under UV light.

1. Z. Wang, C. Li, and K. Domen, Chem. Soc. Rev., 48 (2019), 2109-2125.
2. S. Aftab, T. Shabir, A. Shah, J. Nisar, I. Shah, H. Muhammad and N. S. Shah, Nanomaterials (2022), 12, 486.

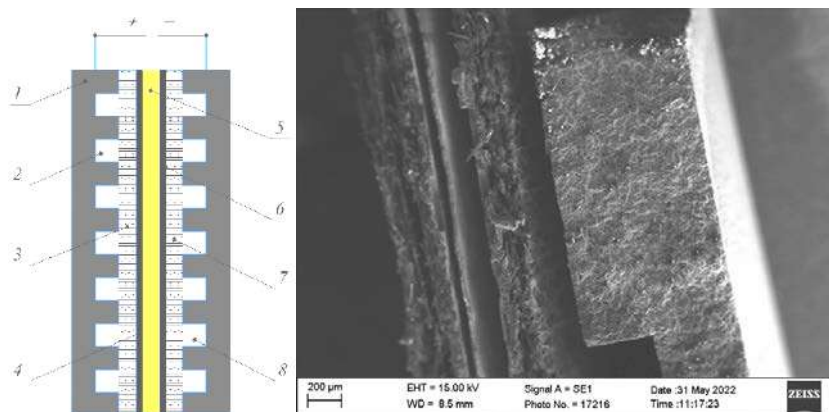
## PROTON ALMASHINUVCHI YOQILG‘I ELEMENTI BIPOLYAR PLITALARIGA QO‘YILADIGAN ASOSIY TALABLAR

S.M. Abduraimov, M. Paizullaxonov

*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Materialshunoslik instituti*

Maqolada proton almashinuvchi yoqilg‘i elementining tarkibiy qismlarining vazifalari haqida to‘xtalib o‘tilgan. Yoqilg‘i elementining bipolyar plitalariga qo‘yiladigan asosiy talablar yoritilgan.

Proton almashinuvchi vodorod yoqilg‘i yacheykasi quydagi elementlardan tashkil topgan bo‘lib (1-rasm) yacheyka markazida joylashgan (5) membrana u polimerdan tayyorlangan, uning asosiy vazifasi kimyoviy jarayon natijasida o‘z tanasidan faqat vodorod ionlarini o‘tkazib yoqilg‘i ( $H_2$ ) va oksidlovchi gazlarni ( $O_2$ ) o‘tkazmaslik. Bunda yacheykaga uzatilgan gazsimon vodorod gaz diffuzion qatlam orqali (4) andodda oksidalanadi ( $OH^-$ ), (6) katodda esa havо bilan birga kirib kelgan kislorod ( $O_2$ ), membranadan kirib kelgan vodorod ( $H^+$ ) ioni bilan birlashib suv molekulasini hosil qiladi.



1-Bipolyar plastina; 2-gaz uchun kanal; 3-gaz diffuzion qatlam; 4-katod qatlam; 5-polimer membrana; 6-anod qatlam; 7-gaz singdiruvchan qatlam; 8-kislorod uchun kanal.

**1-Rasm.** Polimer membranali vodorod yoqilg‘i elementining bitta yacheykasining tuzilishi.

Bipolyar plitalar nafaqat yoqilg‘ini yacheykaga yetkazib berishi, balki hosil bo‘lgan reaksiya mahsulotlarini tashqariga olib chiqishi, reaksiya jarayonida o‘zi ta’sirlashishmasligi, gidrofob bo‘lishi, yuqori elektr o‘tkazuvchan bo‘lishi, egilishga, cho‘zilishga mustahkam, qattiq, vodorod gazini o‘tkazmaydigan material bo‘lishi talab etiladi [1].

Hozirda bipolyar plastinalar uchun istiqbolli sanalayotgan nisbatan yangi materiallar sifatida termik kengaytirilgan grafit qo‘llanilmoqda. Ushbu turdagi materiallar grafit akseptor bog‘lanish orqali termik ishlov berib sintez qilinadi. Kengaytirilgan grafitni sintez qilishida asosan kislotali usul qo‘llaniladi. Shundan so‘ng qator unikal xossalarga ega bo‘ladi, bular: zichligining pastligi, yuqori solishtirma yuzaga egaligi, bog‘lovchi birikmalarsiz oson presslanishi, agressiv muhitlarga chidamliligi, yuqori elektr o‘tkazuvchanligi.

AQSh energetika vazirligining transport vositalarida qo‘llash uchun bipolyar plitalarga qo‘ygan maqsadli talablari 1-jadvalda keltirilgan [2].

**1-Jadval.**

Parametrlari	O‘lchov birligi	2015 yilgi maqsadlari	2020 yilgi maqsadlari	2025 yilga maqsadlari
Narxi	USD·kW <sub>net</sub> <sup>-1</sup>	7	3	2
Plita og‘irligi	kg·kW <sub>net</sub> <sup>-1</sup>	<0.4	0.4	0.18
Plitadan H <sub>2</sub> gazini o‘tish koeffitsienti	Std cm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·cm <sup>-2</sup> ·Pa 80°C, 3 atm, 100% RH nisbiy namlik	0	<1.3 x 10 <sup>-14</sup>	<2 x 10 <sup>-16</sup>
Anod korroziyasi	μA·cm <sup>-2</sup>	No active peak	1 ba No active peak	1 ba No active peak
Katod korroziyasi	μA·cm <sup>-2</sup>	<0.1	<1	<1
Elektr o‘tkazuvchanlik	S·cm <sup>-1</sup>	>100	100	>100
Yuza qarshiligi	Ω·cm <sup>2</sup>	0.006	0.01	<0.01
Egilishga mustahkamligi	MPa	>34	>25	>40

AQSH energetika vazirligi yoqilg‘i elementlari bo‘yicha qator standartlar ishlab chiqqan bo‘lib, ularning har besh yilga mo‘ljallangan maqsadli talablari bor. Biroq bu talablarning barchasiga bir vaqtda javob bera oladigan bipolyar plitalarni ishlab chiqarish bironta ham ishlab chiqaruvchiga nasib etmagan. Sababi bipolyar plitalarning funksiyalarining ko‘pligida. Ko‘p funksiyalarga javob beruvchi materiallarni sintez qilishda, zarur barcha xossalarni chuqur tahlil qilish talab etiladi.

1. Chen. Preparation of polystyrene–graphite conducting nanocomposites via intercalation polymerization. Polym Int 2001;50(9):980-5.

2. Toyada M, Inagaki M. Heavy oil sorption using exfoliated graphite new application of exfoliated graphite to protect heavy oil pollution. Carbon 2000;38(2):199–210\

## **ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОРЕСУРСОВ ГОРНЫХ РЕК ПСКЕМСКОГО, УГАМСКОГО, ЧАТКАЛЬСКОГО ГОРНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Захидов Р.А. \*, Махаммадиев Ф.М., Таджиев У.А.

*Институт проблем энергетики АН РУз, Ташкент, Республики Узбекистан*

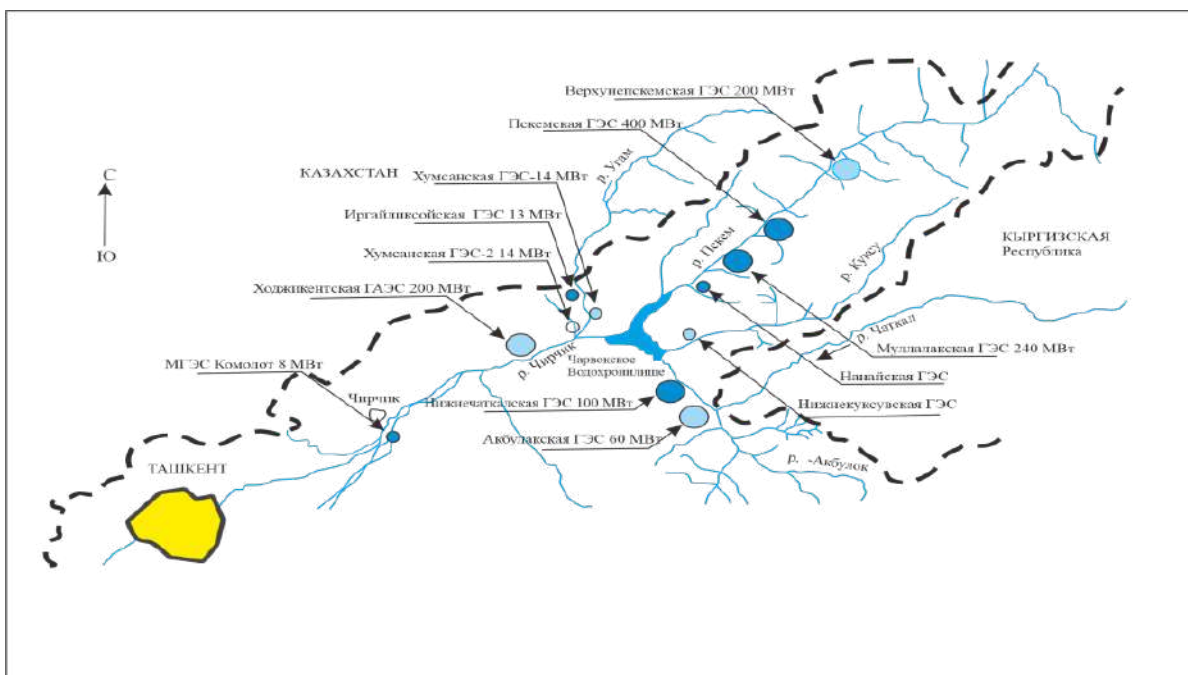
rzakhidov@mail.ru

На горных реках Пскем, Чаткал, формируемых в зонах Пскемского, Угамского, Чаткальского высокогорных хребтов начато создание перспективных гидроэнергокомплексов (ГЭК) многоцелевого назначения с возможностями суточного, сезонного регулирования стока с общей установленной мощностью 960 МВт, выработкой «пиковой» мощности. ГЭК создаются на основе данных о среднегодовом многолетнем расходе воды в створах создаваемых электростанций, при минимальном числе гидростов, метеостанций. В этих условиях практикуемая методология определения водных и энергетических ресурсов естественных водотоков, в том числе изучаемых, осуществляемая без учета потенциальных запасов водной энергии стокообразующих площадей с учетом особенностей последних вносят значимую неопределенность в оценку потенциала водных и энергетических возможностей горных водотоков центральноазиатского региона, включая Узбекистан, в связи с наличием на стоклообразующих площадях высокогорных образований, обладающих значительными возможностями снегового накопления и хранения воды с многолетней и внутригодовой изменчивостью.

Горные реки Пскем, Чаткал формируются в высокогорных массивах Пскемского, Угамского, Чаткальского хребтов и характеризуются значительными стокообразующими площадями, высокими перепадами по профилям стока рек, обладают наибольшими гидроэнергетическими ресурсами из всех рек страны.

Процессы образования снегового покрова, их значительность, пространственная и временная изменчивость играют основную роль в образовании расходов воды данных рек, при меньших значениях влияния на сток существующих ледников на территориях стокообразования.

Процессы изменения площадей снегонакапливания, объемы снежопокровов и содержания в них воды характеризуются внутригодовой изменчивостью с максимизацией в половодье (март-сентябрь), минимизацией в межень (октябрь-февраль) требуют исследования этих явлений, учета и оценки в стокообразовании горных рек.

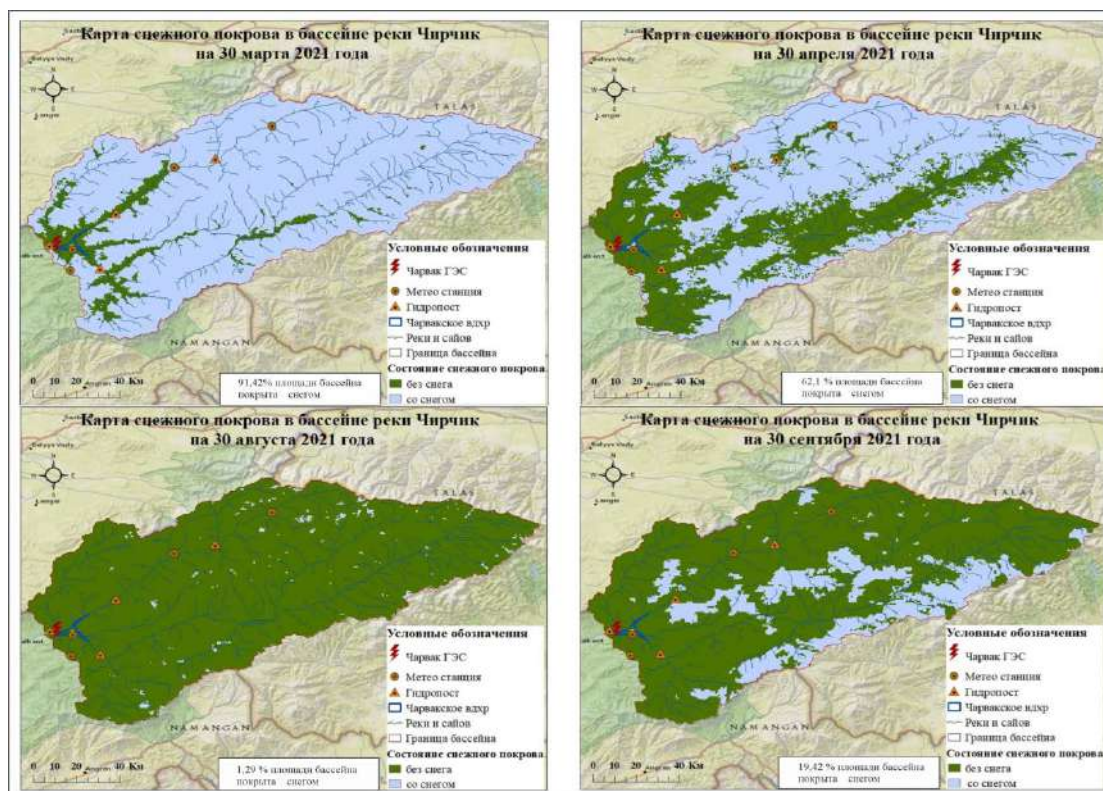


**Рисунок 1.** Схема размещения ГЭС на горных реках, формирующихся в бассейне реки Чирчик.

На основе методологии геоинформационных систем предложен алгоритм определения границ снежного покрова в бассейнах горных рек, их изменения, учета качества снежного покрова во временном интервале. Составлена карта изменения снежного покрова бассейна реки Чирчик, образующейся впадением рек Чаткал, Пскем и других водотоков с использованием программ «Технологии геоинформационных систем Arc GIS», позволившая определить изменчивость снежного покрова.

Разработана методика долгосрочного планирования выработки электроэнергии гидроэлектростанции, на основе учета влияющих атмосферных процессов, учитывающих приток теплого воздуха в районах расположения территорий стокообразования водотока в течении значимого срока таяния снега и периода вскрытия рек.

Перспективные ГЭС, создаваемые на реках Пскем, Чаткал, впадающих в Чарвакский водноэнергетический комплекс с ГЭС приведут к образованию уникального многофункционального водноэнергетического субкомплекса, обеспечение эффективного функционирования которого требует разработки скоррелированных межведомственных правил водноэнергетического использования их ресурсов, широкого использования средств и технологий геоинформационных систем.



**Рисунок 2.** Карты снежного покрова стокообразующих площадей горных рек бассейна реки Чирчик по сезонам года.

## SONOELECTROCHEMICAL SYNTHESIS AND CHARACTERISTICS OF NANOMATERIALS

M. Komilov, M. Abdugaffarova, E. Sobirkhanova, Kh.B. Musayev, A.E. Yarbekov, A.X. Akramov

*National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek  
Turin Polytechnic University in Tashkent  
"ALLDEGID" LLC*

musaevkhusniddin90@gmail.com

Recent advances in nanoscale materials have been driven by the development of new synthetic methods that provide control over size, morphology, and nanostructure. The sono-electrochemical method, as a new environmentally friendly method combining sonochemistry and electrochemistry, has been proven to be a fast, simple and effective way for the shape-controlled synthesis of nanomaterials. High temperatures, pressures and cooling rates can be achieved by the collapse of the bubble in the process of acoustic cavitation, which allows access to a number of chemical reaction fields that are normally inaccessible, which allows the synthesis of various unusual nanostructured materials.

The shape and size of the nanomaterials can be tuned by changing the ultrasonic power, current density, deposition potential, and ultrasonic and electrochemical pulse times, as well as operating parameters including the pH, temperature, and composition of the electrolyte in the sonoelectrochemical cell. Nanomaterials have already been identified with many potential applications in touch screens, capacitors, spintronic devices, fuel cells, batteries, sensors, transparent conductive films, high-frequency circuits, toxic removal, and flexible electronics [1]. There are a number of methods for producing nanomaterials, including radiation methods, thermal decomposition, evaporation, microemulsion reduction, and hydrothermal methods [2]. Synthesis of various types of nanomaterials, including precious metals, metal oxides, multi-composite alloys and semiconductors, tuning of the crystal structure of such materials, and precise control of the shape, size and composition of composite materials have been established. However, exploring new methods involving optimal conditions and convenient processes for the preparation of nanoscale materials with desired properties and controllable sizes and morphologies is still a major challenge for synthetic chemists and materials scientists. Synthetic methods not only expand the self-assembly of nanomaterials, especially in the rapidly developing field of large-scale and long-range nanostructures from multicomponent and multidimensional nanomaterials, but also lead to the discovery of new physical and nanomaterials.



**Mechanisms of the sonoelectrochemical process.** Various devices have been used to introduce ultrasonic radiation into electrochemical systems. There are two main sources of ultrasound used in electrochemistry - ultrasonic baths and ultrasonic horn probes. The first setup is the immersion of a conventional electrochemical cell in an ultrasonic bath, shown in Figure 1. An ultrasonic bath is known for its ability to help clean and melt electrode surfaces. However, the power transmitted inside the electrochemical cell is low and the results strongly depend on its location, since the distribution of the ultrasonic field is not uniform [3]. The most studied method is to insert an ultrasonic horn system (often called a sound probe) directly into the electrochemical cell (Figure 1). In these experiments, a titanium probe (usually at a frequency of 20 kHz) acts as both a cathode and an ultrasound emitter.

**Nanocomposites.** In the last few decades, great efforts have been made to synthesize versatile nanocomposite structures. In such systems, not only does each component usually retain its original properties, but new properties can also be achieved by combining several materials. These nanomaterials prepared by various production methods are widely used in biomedicine, electronics, optics, electrochemical energy conversion and storage, solar energy harvesting, etc. [4]. Nanocomposites, i.e., composite materials with one or more nanostructured components, including hierarchically structured nanoparticles with single-



particle precision, may pave the way for next-generation nanodevices to meet the demands of future technologies.

1. Richards R.M. (2001) In: Klabunde K.J., Richards R.M. (eds) Nanoscale materials in chemistry, 2nd edn. Wiley-Interscience, New York, p. 1.
2. Buck M.R., Schaak R.E. (2013) *Angew Chem Int Ed* 52:2.
3. Brett C. (2008) Sonoelectrochemistry. In: Arnau A (ed) Piezoelectric transducers and applications. Springer, Heidelberg, p. 399.
4. Kao J., Thorkelsson K., Bai P., Rancatore B.J., Xu T. (2013) *Chem Soc Rev* 42:2654.

*Acknowledgement:* This research was funded by the Project AL-231452015 - “Creation of a technology for obtaining metal nanoparticles under the influence of a torsion field” of the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan.

## **SYNTHESIS OF Co DOPED TiO<sub>2</sub> NANOMATERIALS BY SOL-GEL METHOD**

K.N. Sultanov, Kh.B. Musaev, A.E. Yarbekov, S.E. Nurmanov

*National University of Uzbekistan named after M.Ulugbek*

*Turin Polytechnic University in Tashkent*

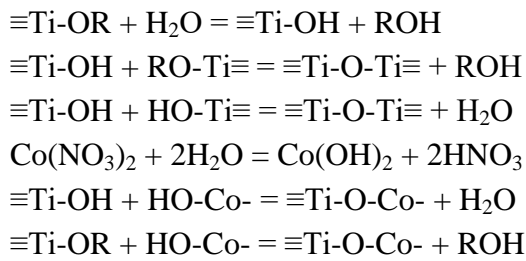
musaevkhusniddin90@gmail.com

The sol-gel method is one of the most optimal methods for obtaining TiO<sub>2</sub> nanomaterials. Titanium tetra isopropoxide (TTIP) and 2-propanol were used as starting materials in the synthesis of cobalt-doped TiO<sub>2</sub> nanomaterials at room temperature by the sol-gel method. Polyethylene glycol (PEG) was used as a pore former.

Today, the use of modern technologies is becoming more and more important in the rapid development of industry, in solving environmental problems, and in the production of competitive and environmentally friendly products. Over the next decades, economic development based on an innovative approach through nanotechnologies is considered important, and the production of products needed in the industry based on these technologies is rapidly developing. In such processes, the creation of nano-sized materials and further improvement of their physico-chemical properties through the use of nanotechnologies is of great scientific and practical importance. Titanium tetraisopropoxide TTIP (purity 99.99%), pure ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 99.5%), nitric acid (HNO<sub>3</sub> 65% solution), cobalt nitrate crystal hydrate Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O, isopropanol C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O (purity 98%) are needed for the experiment. . The sol-gel method was used to obtain TiO<sub>2</sub> nanomaterials containing Co. To prepare TiO<sub>2</sub> samples, 90 mL of 2-propanol was taken as the primary solvent, and 10 mL of titanium tetra isopropoxide was added dropwise with vigorous stirring during the formation of TiO<sub>2</sub>. A 5% solution of PEG was added to the resulting mixture. The solution was stirred vigorously for 45 min to form sol.

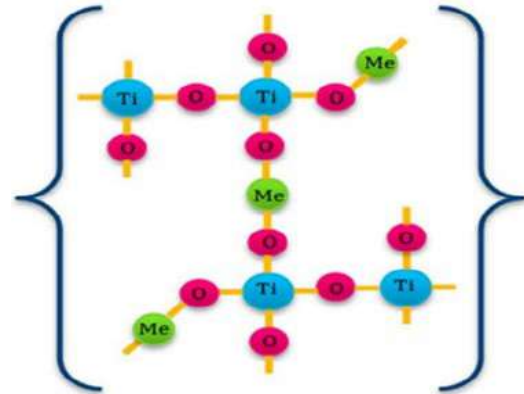
A liquid solution of 5 and 10% cobalt nitrate of the required concentration was slowly added dropwise to this mixture with constant stirring. To obtain nanomaterials, the obtained gels were dried at 80°C for 5 hours to evaporate water and organic matter as much as possible.

Finally, the powders were stored in a muffle furnace and calcined at 500°C for 5 h to form the anatase phase. The process proceeds according to the following reaction:



The resulting TiO<sub>2</sub> nanocomposite containing Co can be used in various fields.

Conclusion: Various weight percentages (5 and 10%) of Co-doped TiO<sub>2</sub> nanomaterials were successfully synthesized by sol-gel method at room temperature. It was found that the synthesized materials, when heated at 500 and 800°C, transition to anatase and rutile phases, respectively.



1. Choudhury B., Choudhury A. (2012). Luminescence characteristics of cobalt doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles. J Lumin 132, pp. 178-184.
2. Wan W.Y., Chang Y.M., Ting J.M. (2010). Room-temperature synthesis of single-crystalline anatase TiO<sub>2</sub> nanowires. Cryst Growth Des 101, P. 646–1651.
3. Shan G.B., Demopoulos G.P. (2010). The synthesis of aqueous-dispersible anatase TiO<sub>2</sub> nanoplatelets. Nanotechnology 21, pp. 1–9.
4. Musaev Kh. (2020). Sol-gel synthesis and characterization of chromium doped titania nanoparticles. Journal "Development of Science and Technology", 7, p. 106-112.
5. Musaev Kh. (2020). Sol-gel synthesis and characterization of nickel doped titania nanoparticles. Scientific journal of Science and Education. Vol. 1, No. 9, pp. 141-147.

*Acknowledgement:* This research was funded by the Project MRB-2021-520 “Creation of photocatalytic coatings for water purification from organic pollutants based on metal oxides” of the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРОВСКИТНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-z}$ , СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

М.С. Пайзуллаханов<sup>а</sup>, Ж.З. Шерматов<sup>а</sup>, О.Т. Ражаматов<sup>а</sup>  
К.И. Янушкевич<sup>б</sup>, А.М. Живулько<sup>б</sup>

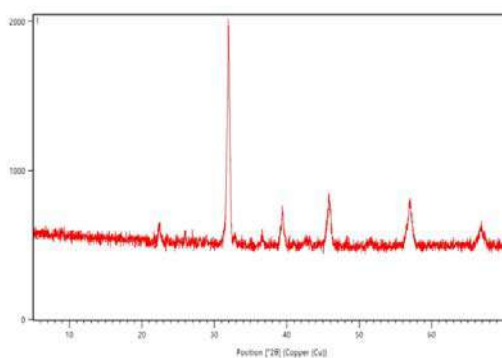
<sup>а</sup>Институт Материаловедения АН РУз, Узбекистан

<sup>б</sup>Научно-практический центр Национальной Академии Наук Беларуси по Материаловедению

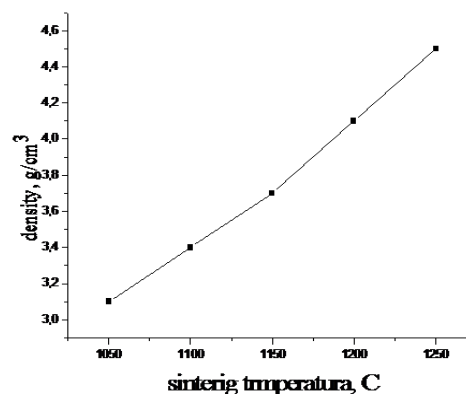
Исследованы анион-дефицитные структуры на основе состава  $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-z}$  синтезированные из расплава на солнечной печи в потоке концентрированного солнечного излучения плотностью 100–200 Вт/см<sup>2</sup>. Брикетты в виде таблеток на базе стехиометрической смеси карбонатов и оксидов соответствующих металлов ( $\text{SrCO}_3 + \text{BaCO}_3 + \text{Co}_1\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) расплавились на фокальном пятне Большой Солнечной Печи.

В принципиальной триаде «состав-структура-свойства» можно проследить проявление уникальных свойств (высокотемпературная сверхпроводимость, магнитосопротивление, сегнетоэлектричество, каталитическая активность) материалами со структурой перовскита  $\text{ABO}_3$  [1-5].

Нами изучены перовскитные структуры  $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ , синтезированные из расплава на солнечной печи. Синтез осуществили методом плавления шихты стехиометрического состава  $\text{SrCO}_3 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SrCO}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  в потоке концентрированного солнечного излучения плотностью 100–200 Вт/см<sup>2</sup>.



**Рисунок 1.** Рентгенограмма образца материала, полученного синтезом из расплава на солнечной печи состава  $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{2.78}$

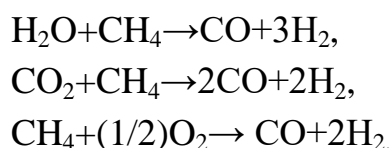


**Рисунок 2.** Зависимость плотности от температуры спекания

На рис. 1 приведена рентгенограмма, полученный на дифрактометре SmartLab SE с  $\text{Cu-K}\alpha$  излучением, спеченного образца при 1100°C. Анализ показал, что

$\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{2.78}$  имеет кубическую ячейку с параметром решетки  $a=4.04 \text{ \AA}$  пространственной группы  $\text{Pm}\bar{3}\text{m}$ .

На рис. 2 приведена зависимость плотности от температуры спекания. Как видно из рисунка 2 при повышении температуры спекания керамики наблюдается увеличение плотности. В то время как при этом наблюдается уменьшение ее пористости и, как следствие, сильному возрастанию электропроводности. Таким образом можно сделать вывод, что материал на основе перовскитных структур  $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{2.78}$  может быть использован как катализатор при получении водорода и синтез-газа посредством риформинга и окисления метана:



Однако реализация таких подходов требует разработки и создания специального оборудования, позволяющего контролировать потоки газов и воды в реакционную камеру облучаемой концентрированным потоком солнечного излучения высокой плотности.

1. Goodenough J.B. Electronic and ionic transport properties and other physical aspects of perovskites // *Reports on Progress in Physics*. **2004**.V. 67. P. 1915-1993.
2. Смоликов Ю.И., Шепелев Ю.Ф., Левин А.А. Особенности строения высокотемпературных сверхпроводников // *Журн. неорг. хим.* **1989**.Т. 34. № 10. С. 2451-2468.
3. Yang J.B., Kim J., Woo Y.S., Kim C.S., Lee B.W. Magnetoresistance in double perovskites  $\text{Ba}_{2-x}\text{La}_x\text{FeMoO}_6$  // *Magnetism and Magnetic Materials*. **2007**. V.310. P. 664-665.
4. Sharma S., Tomar M., Kumar A., Puri N. K., Gupta V. Photovoltaic effect in  $\text{BiFeO}_3/\text{BaTiO}_3$  multilayer structure fabricated by chemical solution deposition technique // *Journal of Physics and Chemistry*. – **2016**. – V. 93. – P. 63-67.
5. Zhang J., Gao X., Deng Y., Zha Y., Yuan C. Comparison of life cycle environmental impacts of different perovskite solar cell systems // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. – **2017**. – V. 166. – P. 9-17.

Работа выполнена в рамках международного проекта IL-4821091562 «Особенности фазовых переходов в керамиках, синтезированных с использованием солнечной печи института материаловедения академии наук Республики Узбекистан».

# КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТИТОВ ЖЕЛЕЗА, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ НА БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

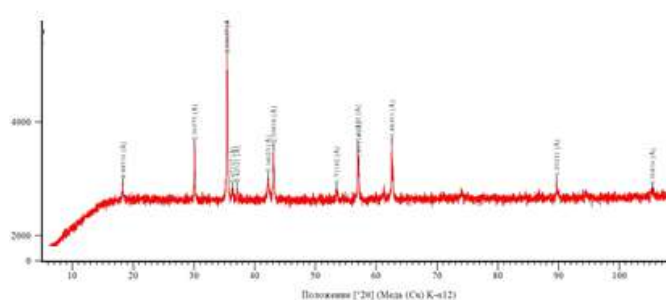
М.С. Пайзуллаханов<sup>а</sup>, Ж.З. Шерматов<sup>а</sup>, О.Т. Ражаматов<sup>а</sup>, Ф.Н. Эрназаров<sup>а</sup>,  
М.М. Сулаймонов<sup>а</sup>, К.И. Янушкевич<sup>б</sup>, А.М. Живулько<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Институт Материаловедение Академии Наук Республики Узбекистан  
<sup>б</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по  
материаловедению

Исследованы шпинельные структуры на основе состава  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  синтезированные из расплава на солнечной печи в потоке концентрированного солнечного излучения плотностью  $100\text{--}200 \text{ Вт/см}^2$ . Брикетты формы таблеток на базе стехиометрической смеси карбонатов и оксидов соответствующих металлов ( $\text{Co}_1\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) расплавились на фокальном пятне Большой Солнечной Печи.

Материалы со структурой шпинели  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M – двухвалентный катион) представляют собой многофункциональную керамику и привлекают большое внимание исследователей. Например, шпинели на основе феррита кобальта (II)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  относятся к магнитным материалам [1,2]. В то же время феррит кобальта может быть использован как электрод литий-ионных источников тока [3], топливных элементов [4]. Предполагается, наблюдаемые свойства могут быть регулированы варьированием микроструктуры керамического материала. Следовательно, исследование феррита кобальта со структурой шпинели, синтезированного из расплава на солнечной печи представляется актуальным.

Как видно из рисунка 1 материал представляет собой феррит кобальта (II) со структурой кубической шпинели (PDFNumber 010–76–7254), параметр элементарной ячейки  $a = 0.837 \text{ нм}$ .



**Рисунок 1.** Рентгенограмма феррита кобальта, синтезированного из расплава на солнечной печи

Рентгеноструктурные исследования позволили определить средний размер кристаллитов по уравнению Дебая-Шеррера по наиболее интенсивной линии

$$d = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$$

где  $k$  – константа, значение которой равно 0.9,  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения источника (1.54 Å),  $\beta$  – полная ширина на полувысоте (FWHM), а  $\theta$  – угол Брэгга. Расчеты дали результат  $d = 4.0$  нм.

Далее нами проведены каталитические реакции феррита кобальта в фоторазложении воды  $2\text{H}_2\text{O}=\text{H}_2+\text{O}_2$ .



На рис. 2 приведено фото стеклянного сосуда с водой, содержащей феррит кобальта, закрытый шаром. Стеклянный сосуд выставлялся на свет. По течению времени наблюдается надувание шара, свидетельствуя о выделении водорода и кислорода, как результат разложения воды под действием света в присутствии катализатора.

**Рисунок 2.** Фото стеклянного сосуда с водой, катализатором, выставленного на свет

1. Dai Y.Q., Dai J.M., Tang X.W., Zi Z.F. et al. Magnetism of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> thin films annealed under the magnetic field // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. **2015**. V. 394. P. 287–291.
2. Singh S., Munjal S., Khare N. Strain/defect induced enhanced coercivity in single domain CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. **2015**. V. 386. P. 69–73.
3. Tansel S., Emine K., Melike S., Önder M. Monodisperse CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles supported on Vulcan XC-72: High performance electrode materials for lithium-air and lithium-ion batteries // *Journal of Power Sources*. **2015**. V. 288. P. 36–41.
4. Urbain F., Du R., Tang P., Smirnov V. et al. Upscaling high activity oxygen evolution catalysts based on CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles supported on nickel foam for power-to-gas electrochemical conversion with energy efficiencies above 80% // *Applied Catalysis B: Environmental*. **2019**. V. 259. P. 118055.

Работа выполнена в рамках международного проекта AL-4821023123-«Разработка пористых материалов для хранения водорода в абсорбированном виде».

# STUDY OF LITHIUM ION DESORPTION BY Li-Mg-Mn AND Li-Al-Mn OXIDES WITH SPINELS STRUCTURE

Andrei Ivanets<sup>a</sup>, Darya Pecheoncka<sup>a</sup>, Vladimir Prozorovich<sup>a</sup>, Olim Ruzimuradov<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

<sup>b</sup>*Turin Polytechnic University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan*

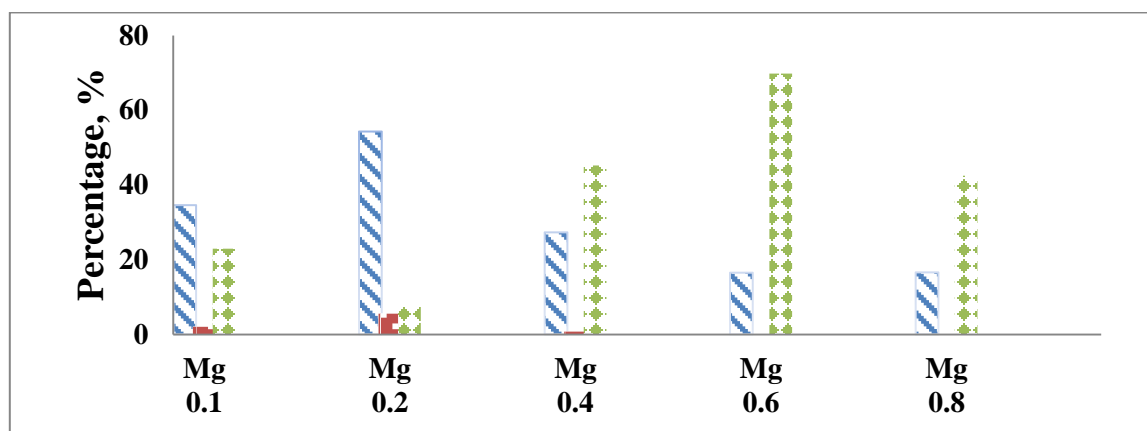
Andreiiivanets@yandex.ru

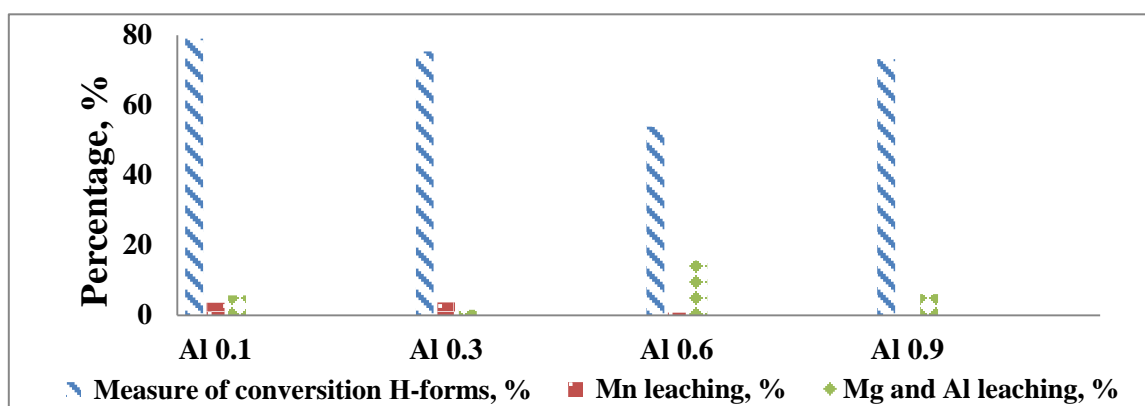
Lithium-rich natural sources such as seawater and geothermal brine are future sources of lithium. Efficient and selective adsorption of Li<sup>+</sup> ions from aqueous solution has been achieved using lithium manganese oxide spinel. Li<sup>+</sup> ions can be exchanged with H<sup>+</sup> in lithium manganese oxides without changing their structure. Lithium ion sieves should be designed to enable their reuse, so separation must be facilitated after adsorption [1]. It is known that doping by metal ions lead to stabilize the spinel structure, as well as increase the adsorption capacity. Al<sup>3+</sup> and Mg<sup>2+</sup>-doped lithium manganese oxides have an improved adsorption capacity and high structure stability [2, 3].

The work aimed to study the processes of Li<sup>+</sup> ions desorption by Li-Mg-Mn and Li-Al-Mn oxides with spinel structure in aqueous solutions.

Li-Mg-Mn and Li-Al-Mn oxides with spinel structure were obtained by sol-gel self-combustion method. The H-form of prepared adsorbents were prepared by treatment of lithium manganese oxide by 0.1 M HCl solution at 35°C during 24 h.

The samples of Li<sub>1.33</sub>Mg<sub>x</sub>Mn<sub>1.67-x</sub>O<sub>4</sub> had conversion to H-form from 17 up to 54% with dissolution of Mn<sup>2+</sup> ions about 2% and Mg<sup>2+</sup> ions in range of 7.6-69.7% (Fig. 1). When Li<sub>1.33</sub>Al<sub>x</sub>Mn<sub>1.67-x</sub>O<sub>4</sub> oxide had conversion in H-form from 53 to 79% with higher Mn<sup>2+</sup> ions leaching of 3.7% and Al<sup>3+</sup> ions leaching was lower in 4.5 times. It was worth noting that for Mg-doped samples was observed the increase of conversion to H-form for x=0.2 then decrease this characteristic in range of 0.2<x<0.8. For Al-doped samples the decrease of conversion to H-form was showed in range of 0.1<x<0.6 with further increase of conversion to the H-form at x=0.9. It could be associated with the destruction of the spinel structure.





**Figure 1.** Percentage of H-form conversion and metal ions leaching of  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{1.67-x}\text{O}_4$  and  $\text{Li}_{1.33}\text{Al}_x\text{Mn}_{1.67-x}\text{O}_4$  samples

A large amount of dissolved  $\text{Mg}^{2+}$  was associated with the leaching from crystal lattice. The  $\text{Mg}^{2+}$  ions doping led to increase in the crystal lattice parameter  $a$  from 8.16 to 8.22 Å, when  $\text{Al}^{3+}$  ion doping led to decrease in the parameter  $a$  from 8.20 to 8.16 Å. The highest stability of  $\text{Mn}^{2+}$  leaching was observed in cases of metal-doped samples  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_{0.2}\text{Mn}_{1.47}\text{O}_4$  and  $\text{Li}_{1.33}\text{Al}_{0.3}\text{Mn}_{1.37}\text{O}_4$ . At the same time, these samples also showed the highest  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  ions leaching.

Thus, the highest conversion to H-form with lowest  $\text{Mn}^{2+}$  ions leaching and highest stability of spinel structure was observed for  $\text{Li}_{1.33}\text{Mg}_x\text{Mn}_{1.67-x}\text{O}_4$  at  $x=0.2$  and  $\text{Li}_{1.33}\text{Al}_x\text{Mn}_{1.67-x}\text{O}_4$  at  $0.1 < x < 0.3$  samples.

1. P. Koilraj, Encapsulation of a powdery spinel-type  $\text{Li}^+$  ion sieve derived from biogenic manganese oxide in alginate beads, *Journal Powder Technology*, **2016**, 301, 1201-1207.
2. R. Chitrakar, Mg-doped manganese oxide with Li ion-sieve property: lithium adsorption from salt lake brine, *Bull. Chemical Society Jpn.*, **2013**, 86 (7), 850-855.
3. M. Chen, Improved performance of Al-doped  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  ion-sieves for  $\text{Li}^+$  adsorption, *Journal Microporous and Mesoporous Mat.*, **2018**, 261, 29-34.

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗЕЛЁНОГО ВОДОРОДА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Ю.Б. Собиров, М.У. Носиров

*Институт Материаловедения Академии наук Республики Узбекистан*  
yuldash64@inbox.ru

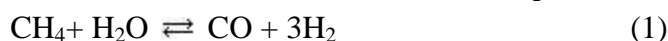
Водород является экологически чистым видом топлива, но на Земле в свободном виде не существует. Один из распространенным источником водорода является вода, которая составляет 71% нашей планеты. Из воды можно получить водород тоже с различными методами: термоллизом, электролизом. При этом используют невозобновляемые источники энергии, такие как уголь, нефть, газ, а также атомную энергию, термоядерную энергию. Можно производит «зелёный» водород с



использованием возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, энергии морских приливов и отходов, биомассы и т.д.

У нас в Узбекистане среди возобновляемых источников энергии, энергия Солнца обладает наибольшим потенциалом относительно остальных возобновляемых источников энергии. Современная состояния водородной энергетики, методы и технологий получения водорода рассмотрены в работах К.Р. Аллаева, Н.Р. Авезовой, С.Х. Сулейманова и др. [1-3].

**Метод конверсии.** В настоящее время, распространенным способом получения водорода является термохимический метод, где применяется паровая конверсия метана, который заключается в диссоциации молекул метана с помощью перегретого пара [1]. Метод конверсии состоит в окислении метана водяным паром по следующей формуле:



Полное превращение метана практически достигается при температуре выше 1200°C. При применения этого метода в атмосферу выбрасываются большое количество CO<sub>2</sub>. В самом технологическом процессе используются невозобновляемые источники энергии (уголь, нефть, газ).

**Методы получения водорода использованием солнечной энергии.** Несмотря того, что водород является экологически чистым топливом, часто в процессе производства водорода, в зависимости использования источника энергии загрязняется атмосфера. При применении, возобновляемых источников энергий возможно получения “зелёного” (экологически чистого) водорода. В Узбекистане в среды возобновляемых источников энергии наибольшим потенциалом обладает солнечная энергия. Поэтому целесообразно рассмотреть методы получения водорода с использованием солнечной энергии [4]. При этом можно применять методы термолиза или электролиза воды. В работе Т.Т.Рискиева и др. [5] на основе анализа существующих методов производства водорода и с учетом технической возможности Большой солнечной печи института Материаловедения АН РУз, показаны возможности производства водорода термолизом воды в фокальной зоне солнечного концентратора. В работе Ж.З. Ахадова и А.М. Султанова [6] представлены фотокаталитические методы производства водорода использованием концентрированного лучистого потока солнца.

**Использования солнечной энергии для получения водорода посредством электролиза воды.** Нами разработан водно-щелочной электролизер различных мощностей (от 1 до 10 кВт). В качестве электродов и корпуса установки использованы стальные пластинки, а в качестве электролита – водные растворы NaOH. Электролизер питается от электрической энергии, полученной с помощью 10 кВт солнечной фотоэлектрической станции.

1. Аллаев К.Р., Авезова Н.Р. Водород – будущее энергетики мира и Узбекистана. // *Гелиотехника*, 2021, Том 57, №4, с. 345-358.

2. Сулейманов С.Х. Водородная энергетика. В книге «Курс лекций летней школы по возобновляемым источникам энергии». Ташкент, 9 июля – 3 августа 2007 г. С. 256-264.
3. Hydrogen from renewable power technology outlook for the energy transition. September 2018. 52 p. ([www.irena.org](http://www.irena.org)).
4. Захидов Р.А., Анарбаев А.И. Водородные технологии и использование солнечной энергии в производстве водорода. // *Гелиотехника*, 2005, №4. С.22-28.
5. Рискиев Т.Т., Абдурахманов А.А., Ходжаев Р.А., Акбаров Р.Ю., Ходжаев, Маматкосимов М.А., Базаров А.В. Перспективы производства технического водорода на Большой солнечной печи. // *Гелиотехника*, 2003, №4. С.54-61.
6. Ахадов Ж.З., Султанов А.М. Некоторые физико-химические аспекты фотокаталитического разложения воды с помощью концентрированного потока солнечного излучения. // *Гелиотехника*, 2015, №4. С.101-105.

## **МАЛОГАБАРИТНЫЙ ЛИНЕЙНО-ФОКУСНЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ТЕПЛИЦ**

Р.Ю. Акбаров, Ю.Б. Собиров, Ш.Р. Холов

*Институт материаловедения АН РУз., Ташкент, Узбекистан*

yuldash64@inbox.ru

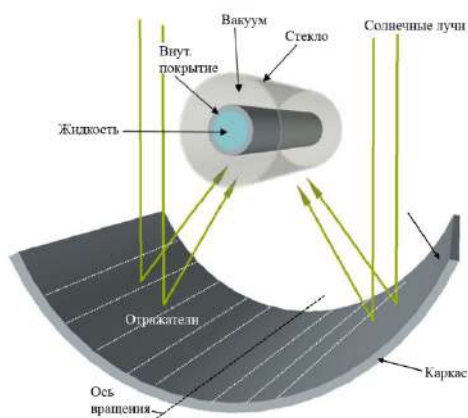
В последние годы в Узбекистане уделяется особое внимание к вопросам использования ВИЭ. Приняты ряд важных законов по ВИЭ, сформирован привлекательный инвестиционный климат и др. В 2020-2022 годах введены в эксплуатацию несколько крупных солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), в ближайшие годы предусматривается ввод ряд солнечных электростанций общей мощностью 1400 МВт [1].

В тоже время нужно отметить, что в Узбекистане в ускоренном темпе развивается внедрение маломасштабных разработок (по мощности от нескольких сотен ватт до нескольких сотен киловатт) по ВИЭ, в основном с использованием фотоэлектрических, тепловых и биогазовых установок в различных организациях, в агропромышленном секторе, в социальных объектах, в индивидуальных и сельских хозяйствах и др.

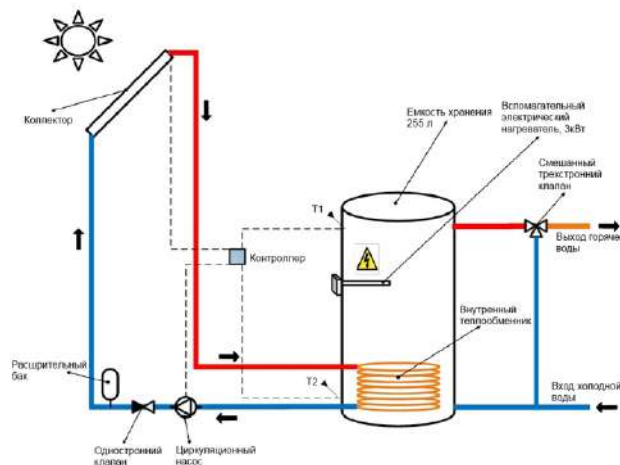
Одним из эффективных и распространённых направлений использования ВИЭ является линейно-фокусные концентраторы, которые широко применяются для генерации тепловой и электрической энергии. К ним относятся параболоцилиндрические (ПЦК) концентраторы. На практике часто ПЦК собирается из отдельных плоских отражателей. Теоретические аспекты таких систем представлены, например, в работе [2]. Принципиальная оптическая схема таких установок показана на рис. 1.

Отражающая поверхность нашего ПЦК формирована из плоских линейных зеркал, расположенных на параболическом профиле. Установка предназначена для отопления теплицы с использованием выработанной установкой горячей воды. В общем случае, стандартная система нагрева воды с помощью гелиоустановки (рис. 2) включает в себя дополнительно ряд функциональных компонентов.

В нашем случае рассмотрена прямая задача, где горячая вода напрямую направляется на теплицу, в систему отопления с помощью циркуляционного насоса, который питается от передвижной фотоэлектрической станции мощностью 150 Вт.

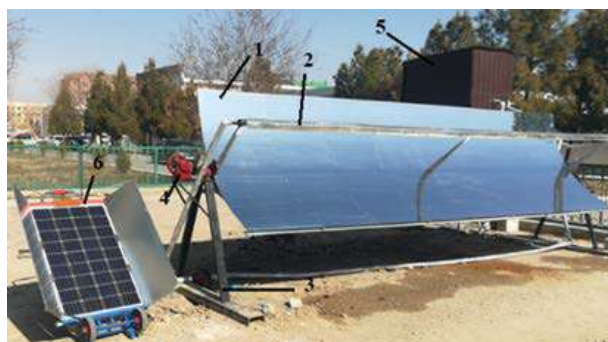


**Рисунок 1.** Оптическая схема ПЦК



**Рисунок 2.** Система нагрева воды

Общий вид установки показан на рис. 3.



**Рисунок 3.** Общий вид установки. 1. Отражатели. 2. Приёмник. 3. Станина. 4. Механизм поворота. 5. Емкость. 6. ФЭС.

Мощность установки 10 кВт, площадь зеркальной поверхности  $9.6 \text{ м}^2$ , фокусное расстояние 0.7 м. Концентратор длиной 6 м и диаметром 1.62 м состоит из 8 секций, на каждой секции имеется 35 линейных плоских фацет. 280 шт. фацет размером  $75 \times 5 \text{ см}$  установлены на каркас установки. Приёмником лучистой энергии служит зачернённая металлическая труба диаметром 40 мм, обратная сторона которой теплоизолирована. Теплоизолированная ёмкость ( $1 \text{ м}^3$ ) опционально используется для хранения нагретой воды.

Предварительные эксперименты показали, что данная гелиоустановка позволяет отапливать типичные теплицы площадью 0.5-0.7 соток.

Обычно, маломасштабные солнечные системы отопления бывают гибридными, где предусматривается дополнительное отопление для ночных и облачных периодов времени. Подключение к системе дополнительного отопления не представляет технических трудностей.

1. <https://minenergy.uz/ru/news/view/2634>.
2. Akbarov R.Yu., Kuchkarov A.A. Modeling and Calculation of Optical-Geometric Characteristics of a Solar Concentrator with Flat Fresnel Mirrors. Applied Solar Energy. 2018, Vol. 54, No.3, pp.187–192.

## **MOLIBDEN VA VOLFRAM QOPLAMALI YANGI FUNKSIONAL GRADIENT MATERIALLI ELEKTRODLAR ASOSIDA VODOROD ELEKTROLIZERI ISHLAB CHIQUISHNING NAZARIY ASOSLARI.**

J.Z. Axadov, S.M. Abduraimov

*O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi huzuridagi Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti*

ahadovj@mail.ru

Maqolada vodorod generatori (elektrolizeri) ishlab chiqishda ularning elektrodlarini molibden va volfram qoplamali yangi funksional gradient material asosida ishlab chiqish asoslari keltirilgan. Murakkab elektroliz jarayonida o'ta kuchlanish darajasining ahamiyati va uni elektrodlar metali xossalari bog'liqligi yoritilgan.

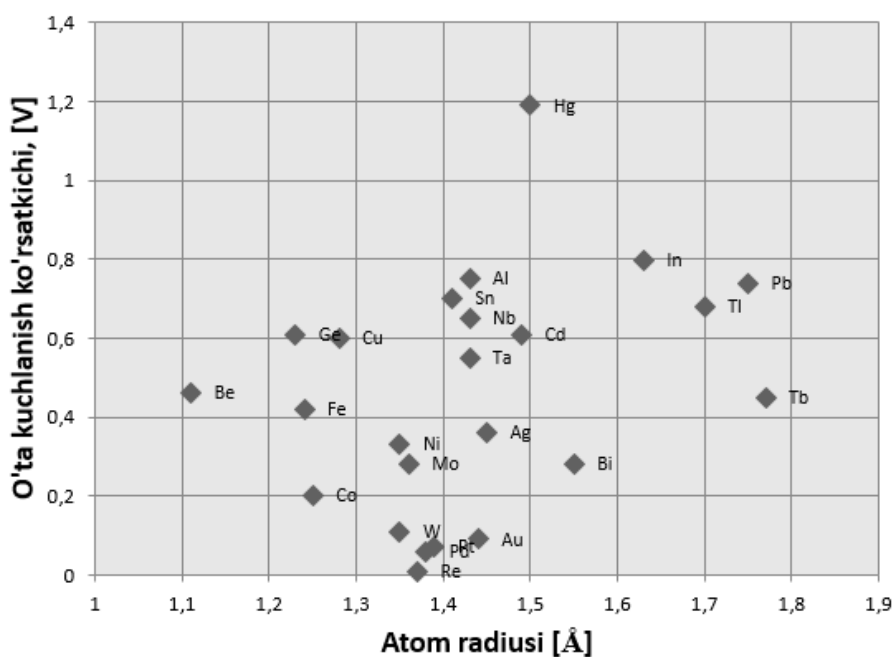
Katodda vodorodning ajralishi va anodda kislorodning ajralishida o'ta kuchlanish darajasi umumiy yacheykaning kuchlanish miqdoriga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli doimo o'ta kuchlanish darajasini kamaytirishga harkat qilinadi. Katodda vodorodning ajralishidagi o'ta kuchlanish darajasini hisoblashning nazariy asoslarini A.N.Frumkin birinchilardan bo'lib yaratgan. Katod materialining vodorod ajralib chiqish jarayonga ta'sirini o'rgangan [1].

Katodda vodorodning va anodda kislorodning ajralishida o'ta kuchlanish ko'rsatkichi ko'p faktorlarga bog'liq: elektrodlar materiali, ularning yuza xolatlari, tok zichligi, harorat, elektrolit tarkibi va konsentratsiyasi, elektroliz jarayonining davom etish vaqti va boshqalar. Ta'sir etuvchi faktorlarning ko'pligi tadqiqotchilar keltirgan ma'lumotlarining ham turli va bir-biridan farq qiladigan natijalar keltirishiga sabab bo'lmoqda [2].

O'ta kuchlanish darajasi silliq yuzali elektrodlarda doimo notekis yuzali elektrodlardan ko'ra yuqori bo'lgan. Katodda g'ovak metal yuza xosil bo'lishi o'ta kuchlanish darajasini kamaytiradi. Elektrolit tarkibida kolloid birikmalarning bo'lishi, tok o'tishi bilan elektrodlarda kolloid zarralar to'planishiga sabab bo'ladi va o'ta kuchlanish darajasini ko'tarib yuboradi.

Barcha turdagi metallardan yasalgan elektrodalarda tok zichligining ortishi bilan o'ta kuchlanish darajasi ham ortadi. Harorat ortishi bilan esa o'ta kuchlanish darajasi kamayadi. Turli katod metall atomlari o'lchamining vodorod ajralib chiqishdagi o'ta kuchlanish darajasiga bog'liqligi 1-rasmda keltirilgan.

Nisbatan past kuchlanish darajasiga ega metallar bular, atom radiusi 1.38 Å (suv molekulasini radiusi) ga yaqin bo'lgan metallar ekanligini ko'rish mumkin. O'ta kuchlanish darajasi bundan kichik va katta atom radiusiga ega metallarda ortib borganini ko'rishimiz mumkin.



**1-Rasm.** Vodorod ajralishida o'ta kuchlanish darajasining elektrod metalli atomining radiusiga bog'liqligi

Turli metallardan yasalgan katodlarda vodorodning ajralib chiqishidagi o'ta kuchlanish darajasi metallning davriy jadvaldagi o'rniga ham bog'liq. Ф3-2019123016 – Vodorod olish uchun mo'ljallangan quyosh energiyasi asosida ishlaydigan qurilmaning tajriba namunasini yaratish loyihasida faoliyat olib borish davomida bir necha ishlanmalar tayyorlandi. Ularning texnik ekspluatatsion xarakteristikalarini o'rganish davomida yuqoridagi xulosalar olindi.

1. Вольфрамовые Покрyтия Спеченные Электродконтaктным Спеканием. Ш.А. Каримов, С.М. Абдураимов - Scientific progress 2 (7), 88-93. ISSN:2181-160
2. The Ferrites Synthesized By Concentrated Sun Light Irradiation In The Big Solar Furnace. S.M. Abduraimov, Академия Наук Республики Узбекистан институт Материаловедения НПО Физика-Солнце.

# ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИИ НА ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

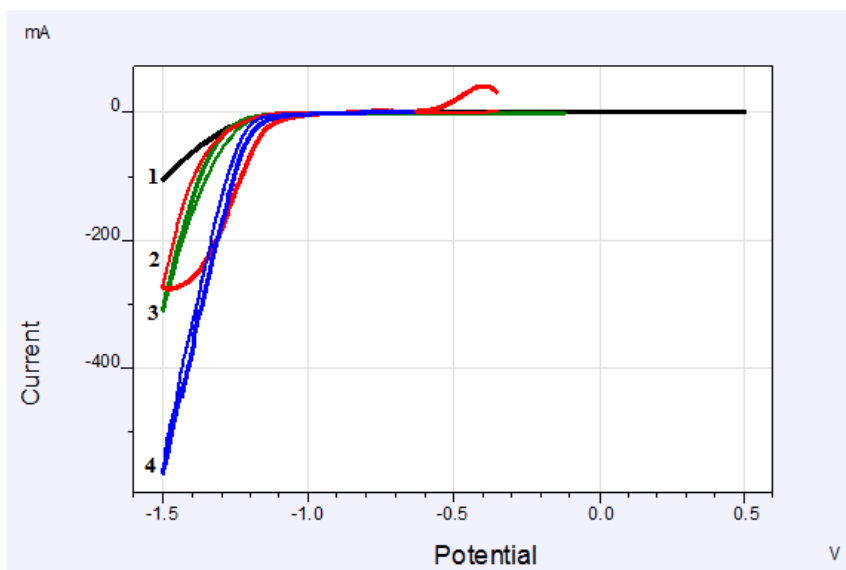
У.М. Курбанова<sup>а</sup>, Р.Г. Гусейнова<sup>а</sup>, А.О. Зейналова<sup>а</sup>, А.Ш. Алиев<sup>а</sup>, М.А. Курбанов<sup>б</sup>,  
Д.Б. Тагиев<sup>1</sup>

<sup>а</sup>*Институт Катализа и Неорганической химии имени акад. М.Нагиева Министерства  
Науки и образования Азербайджанской Республики*

<sup>б</sup>*Институт Радиационных Проблем Министерства Науки и образования  
Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан*

rhuseynova48@gmail.com

Реакция выделения водорода при электролизе воды (HER) является одной из наиболее часто исследуемых реакций. Реакция HER относительно простая, поскольку она проходит через ограниченное число ступеней с единственным промежуточным продуктом. Исследование кинетики и механизма реакции (HER) на Ni-содержащих сплавах, полученных методом электроосаждения стали предметом многочисленных работ [1,2]. Показано, что повышение активности электродов, полученных методом электроосаждения, происходит в основном за счет увеличения площади поверхности, пренебрегая возможными синергетическими эффектами [3]. Известно, что среди чистых металлов наилучшими катализаторами для HER являются драгоценные металлы, стоимость которых ограничивает их использование в промышленных масштабах. В данной работе приведены исследования влияния  $\gamma$  облучения на электрокаталитические свойства полученных методом электрохимического осаждения двойных Ni-Mo, Ni-Co и тройных Ni-Mo-P, Ni-Co-P сплавов на основе никеля при электролизе воды в нейтральной (0.5M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) среде. Были исследованы образцы сразу после электролиза и образцы, подвергнутые после синтеза термообработке при температуре 773 K в атмосфере воздуха в течении 2-х часов. Все покрытия были получены на никелевых подложках и были подвергнуты воздействию  $\gamma$ -излучения от <sup>60</sup>Co дозой 968 кГр, мощность дозы составляла 160 рад/сек. На рисунке приведены поляризационные кривые реакции HER в нейтральной среде для двойных сплавов Ni-Mo и Ni-Co до и после воздействия  $\gamma$  излучения. Из рисунка видно, что действие  $\gamma$ -излучения в той или иной степени повышает каталитическую активность обоих образцов образцов. Лучшими электрокаталитическими свойствами обладали тонкие пленки Ni-Co подвергнутые термообработке и  $\gamma$ -излучению, после которых их активность повышалась на 44%, а в случае исследования образцов Ni-Mo каталитическая активность их увеличивается на 47%. Повышение электрокаталитической активности образцов под воздействием  $\gamma$ -излучения объясняется образованием дефектов в кристаллической решетке соединения, что увеличивало реальную площадь поверхности электрокатализатора.



Поляризационные кривые реакции HER тонких пленок в нейтральной ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) среде: 1 – Ni–Mo не подвергнутые воздействию  $\gamma$ -излучения; 2 – Ni–Co не подвергнутые воздействию  $\gamma$ -излучения; 3 – Ni–Mo после  $\gamma$ -излучения; 4 – Ni–Co после  $\gamma$ -излучения.

Введение в состав пленок даже небольшого количества фосфора повышало их коррозионную стойкость, что также не маловажно для использования этих электродов в качестве электрокатализаторов при электролизе воды.

1. H. Hongqiang, F. Yanzhen, L. Hong, *Inter. J. of Hydrogen Energy*, **2010**, 35, 3227-3233.
2. U.M. Gurbanova, R.G. Huseynova, A. Aliyev, D.M. Babanly, D.B. Tagiyev, *J. of Electrochemical Science and Engineering*, **2021**, 11, 39-49.
3. N.V. Krstajic, Lj. Gajic-Krstajic, U. Lacnjevac, B.M. Jovic, S. Mora, V.D. Jovic, *Inter. J. of Hydrogen Energy*, **2011**, 36, 6441-6449.

## VODORODNI SAMARALI SAQLASH USULLARI

M.S. Payzullaxonov, M.M. Sulaymonov, F.N. Ernazarov, N.X. Qarshieva

*O'zR FA Materialshunoslik instituti*

Xozirgi kunda vodorod energetikasida yuqori bosim ostida gaz sifatida xar xil miqyosdagi vodorod ishlab chiqarish texnologiyalari juda yaxshi o'zlashtirilgan va deyarli cheksiz resurs bazasiga ega. Shu bilan birga, gazzimon vodorodning past zichligi, uni suyultirishning past harorati, shuningdek, yuqori portlash qobiliyati konstruktiv materiallarning xususiyatlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi iqtisodiy va texnik jihatdan samarali va xavfsiz vodorod saqlash tizimlarini ishlab chiqish muammolarini ko'rsatadi. Aynan shu muammolar hozirgi vaqtda vodorod energiyasi va texnologiyasining rivojlanishiga to'sqinlik qilmoqda. Ushbu saqlash texnikalarining har biri turli usullarga va quyida ko'rsatilganidek, o'z talablari va qiyinchiliklariga ega:

Vodorod gazini bosim ostida saqlash:

Bu juda oddiy va arzon usul, texnologiya yaxshi ishlab chiqilgan, gaz qazib olish uchun energiya xarajatlari yo'q, lekin yuqori quvvatli tsilindrlar talab qilinadi. Atmosfera bosimi va xona haroratida 1 kg erkin vodorod 11.2 m<sup>3</sup> hajmi egallaydi, shuning uchun uni saqlash uchun siqilgan bo'lishi kerak. Gazning bosimi qanchalik katta bo'lsa, ideal gaz uchun holat tenglamasiga muvofiq kamroq hajm V talab qilinadi.

Amalda, ballonlarda bosim ostida vodorod saqlash texnologiyasi ko'p yillar davomida qo'llanilgan, u tabiiy gazni saqlash texnologiyasiga o'xshaydi. Qoida tariqasida slindrsimon turdagi slindrlar yoki katta hajmli quvurlar ko'rinishidagi idishlar ishlatiladi. 20 MPa gacha bo'lgan bosimda vodorod bilan to'ldirilgan oddiy po'lat silindrlarni ishlatganda, 4 kg vodorod 225 litr hajmi egallaydi. Turli ma'lumotlarga ko'ra, ~35 MPa bosimdagi zichlik og'irligi 6.7-8.7% ni tashkil qiladi. Maxsus slindrlardan foydalanish bu qiymatni oshirish imkonini beradi. Rossiyada vodorodni 40 MPa gacha bosim ostida gaz ballonlarida saqlash uchun tizimlar, shu jumladan titan slindrlari yaratilgan.

Kriogen suyuqlikni saqlash:

Vodorod kriyogenik holda suyuq holatda saqlanishi mumkin. Suyuq vodorodning -252.8°C da sodir bo'lgan gazga qayta qaynashini to'xtatish uchun past haroratlar talab qilinadi. Suyuq vodorod gazzimon vodorodga qaraganda yuqori energiya zichligiga ega, ammo uni kerakli haroratga tushirish qimmatga tushishi mumkin. Bundan tashqari, kriogen suyuqlik vodorodni saqlash uchun saqlash ballonari va inshootlari o'tkazuvchanlik, konveksiya yoki radiatsiya tufayli suyuq vodorodga har qanday issiqlik o'tkazilsa, bug'lanishning oldini olish uchun izolyatsiya qilinishi kerak. Ushbu qiyinchiliklarga qaramay, suyuq vodorod yuqori darajadagi tozalikga ega va uni kosmik qurilmalarda yoqilg'i sifatida ishlatish mumkin.

Kombinatsiyalangan sovuq va kriyo-siqilgan vodorod:

Yuqorida qo'llaniladigan siqishni va kriogen sovutishning saqlash usullari ham vodorod saqlashning keyingi rivojlanishini yaratish uchun birlashtirilishi mumkin. Bunday holda, vodorod siqilishdan oldin sovutiladi. Bu siqilgan vodorodga qaraganda yuqori energiya zichligini yaratadi, chunki kriyogenik suyuqlikni sovutishda bo'lgani kabi, erishish uchun ham ko'proq energiya sarflanishi kerak.

Ushbu har xil turdagi vodorodni saqlash uchun ishlatiladigan energiya siqilish uchun mavjud bo'lgan energiyaning 9-12% (1 dan 350 yoki 700 bargacha) va suyultirish uchun taxminan 30% ni tashkil qiladi. Energiya iste'moli aniq usul, miqdor va tashqi sharoitga qarab o'zgaradi, ammo kamroq energiya sarfi bilan saqlashning ko'proq iqtisodiy usullarini topish ustida ish olib borilmoqda.

Hozirgi vaqtda vodorodni saqlashning mavjud usullarining hech biri (yuqori bosim ostida, past haroratlarda absorbsiyalangan holatda, suyuq holatda, metall gidridlari va intermetall birikmalar shaklida) saqlash tizimlariga qo'yiladigan talablarga javob bermaydi. Shu sababli, vodorodni saqlash va tashishning yangi va samaraliroq usullarini ishlab chiqish asosan vodorod texnologiyasi va energetikasini rivojlantirishdagi keyingi taraqqiyotni belgilaydi.



1. Проблемы аккумулярования и хранения водорода. В.Н. Фатеев, О.К. Алексеева, С.В. Коробцев, Е.А. Серегина, Т.В. Фатеева, А.С. Григорьева, А.Ш. Алиев
2. Barthelemy H., Weber M., Barbier F. Hydrogen storage: Recent improvements and industrial perspectives. *Int. J. Hydrogen Energy*. 2017, vol. 42, pp. 7254–7262.
3. Morten B.L. et al. Complex hydrides for hydrogen storage – new perspectives. *Materials Today*. 2014, vol. 17, pp. 122-128.

## **BULK PRODUCTION OF SOLAR HYDROGEN FOR MULTI-PURPOSE USE IN HARD TO ABATE SECTORS – CASE STUDIES FOR ITALY AND UZBEKISTAN**

Marco Cavana<sup>a</sup>, Jamshid Yakhshilikov<sup>b</sup>, Nodira Abdivakhidova<sup>b</sup>, Jamshid Inoyatkhodjaev<sup>b</sup>, Pierluigi Leone<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Politecnico di Torino, Turin, Italy*

<sup>b</sup>*Turin Polytechnic University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan*

marco.cavana@polito.it

Hydrogen is said to be the fundamental piece of the future and fully decarbonized energy system. According to the International Energy Agency (IEA) the current policies of governments worldwide would increase the hydrogen demand up to 115 Mt by 2030 (in 2021 it was 94 Mt) even though only a very small share (2 Mt) would come from new uses such as transportation, hard-to-abate industries and the power sector. It is relevant to underline that this is less than the hydrogen demand that it is required to meet the current climate goals (that is 130 Mt, 25% of this from new uses) and even smaller considering the net zero target of 2050: in this final case the hydrogen demand at 2030 should be about 200 Mt worldwide.

There is clearly the need to speed up the pace for the uptake of the hydrogen economy, with a special focus on the production powered by renewable energy.

In this work, the authors present a techno-economic analysis of a hydrogen production plant powered by solar energy for a bulk production to be employed into different and multiple sectors. The production plant is composed of a photovoltaic solar park, energy storage systems (both for electricity and hydrogen) and an electrolyzer system.

The technical model will be used to simulate different production patterns and different use of hydrogen in transport sector, industry and blended within gas infrastructure, determining sizing of different components. On top of that, the economic analysis will provide an estimation of the levelized cost of hydrogen (LCOH) for each case.

The paper also features some case studies in Italy based on industrial projects about green hydrogen production, storage & distribution, utilization in final energy sectors.

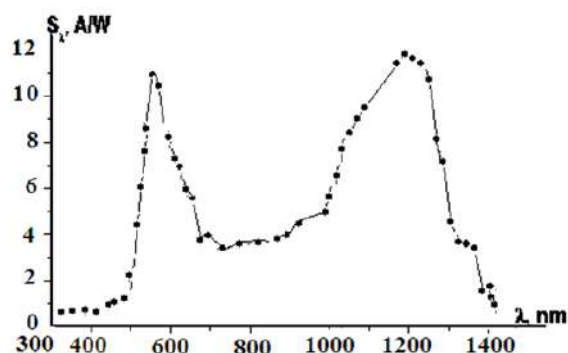
# ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОЧНОЙ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ pSi/nCdS

Ш.Б. Утамурадова, Х. С Далиев С.А. Музафарова А.С. Ачилов, З.М. Хусанов.

*Институт физики полупроводников и микроэлектроники НУ Узбекистана  
samusu@rambler.ru*

Исследованы фоточувствительный гетеропереход pSi/nCdS созданные на базе монокристаллического кремния. После диффузии атомов железа в Si при 1200°C в течение 10 часов кремний n-типа проявляет p-тип проводимости по глубине  $d=30-40$  мкм. Для создания фоточувствительного гетероперехода на поверхность монокристаллов кремния p-типа, легированного Fe, наносились слои nCdS в квазизамкнутом объёме в вакууме. Спектральная зависимость фоточувствительности гетероструктуры pSi/nCdS измерялась на монохроматоре ЗМР-3 при комнатной температуре (300 К). При этом источником излучения служила ксеноновая лампа типа ДКСШ-1000, работающая в режиме минимально допустимой мощности и обеспечивающая световой поток 53000 lm и яркость до 120 Mcd/m<sup>2</sup> в центре светового пятна. Излучение лампы отградуировано в абсолютных единицах при помощи термоэлемента РТЭ-9 с кварцевым окошком. Лампа ДКСШ-1000 имеет сплошной спектр в ультрафиолетовой и видимой области.

Изменение спектральной чувствительности структуры как солнечного элемента pSi/nCdS осуществлялась в вентильном режиме. Образец освещался монохроматическим светом падающий нормально к поверхности образца pSi/nCdS. Спектральные характеристики фоточувствительной структуры снимались на монохроматоре фирмы «Carl Zeiss Jena» с кварцевой призмой. Исследования спектральных характеристик фоточувствительной структуры pSi/nCdS с площадью 40 мм<sup>2</sup> показали, что их оптический спектральный диапазон  $\lambda=0.3\div 0.14$  мкм характерными особенностями, как показано на Рис.1. В области  $\lambda=0.28\div 0.95$  мкм кривая фототока ( $I_{\phi}$ ) начинает резко возрастать и своего максимального значения  $I_{\phi} = 8.8$  nA достигает при  $\lambda \approx 0.85$  мкм, затем фототок резко уменьшается с дальнейшим возрастанием длины волны.



**Рисунок 1.** Спектральная характеристика гетероструктуры pSi/nCdS.

В области с  $\lambda=1.0\div 1.4$  мкм начинает резко возрастать достигая своего максимального значения  $I_{\text{ф}}= 11.7$  нА при  $\lambda\approx 1.24$  мкм, а затем фототок начинает плавно уменьшаться до  $\lambda\approx 1.4$  мкм.

Отсюда видно, что pSi/nCdS структура имеет широкий диапазон спектральной чувствительности от  $\lambda=0.3\div 1.4$  мкм. Кроме того, кривая спектрального распределения фоточувствительности показывает, что pSi/nCdS гетеропереход на границе раздела содержит малую плотность поверхностных состояний. Из этого следует, что структура имеет коэффициент выпрямления выше двух порядков и появление максимума на кривых  $I_{\text{ф}}(\lambda)$  при  $\lambda\approx 0.59$  (1.24) мкм соответствующий ширине запрещенной зоны кремния. В структуре pSi/nCdS фоточувствительность ( $S_{\lambda}$ ) простирая, в сторону ИК области со значением  $\lambda=1.0\div 1.4$  мкм и достигает максимальное значение при  $\lambda=1.23$  мкм. Для создания гетероперехода с низкой плотностью поверхностных состояний их различие не должно превышать 4% [1. - р.425]. На границе раздела nCdS и pSi наблюдается низкая плотность поверхностных состояний. В процессе формирования структуры образуется промежуточный слой между CdS и Si [2. –С.836-839], который способствует сглаживанию разницы между постоянными значениями решеток nCdS и pSi.

1. Milns A., Fojht D. Geteroperehody i perehody metall-poluprovodnik. / Pod red. prof. V. S. Vavilova. - M.: Idatel'stvo «Mir», 1975. - P.425
2. Бараненков А.И., Осипов В.В. //ФТП, 1971, т.5. –С.836-839.

## **QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANIB VODOROD OLISH JARAYONLARINING SAMARADORLIGINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH**

S.B. Baxronova, B.M .Omonov

*Materialshunoslik instituti, Toshkent, O'zbekiston*

basadoqat@gamil.com

Quyosh energiyasidan foydalanib vodorod olish jarayonlarining samaradorligini matematik modellashtirish. Quyosh energiyasidan foydalangan holda vodorod olishning bir qancha jarayonlari mavjud va ularning samaradorligini oshirish doimiy tadqiqot va ishlanmalar mavzusidir. Quyosh energiyasidan foydalangan holda vodorod ishlab chiqarishni turli yondashuvlar yordamida matematik modellashtirish mumkin, ammo keng tarqalgan usullardan biri quyidagi tenglamalardan foydalanishdir:

Quyosh energiyasini kiritish:

Vodorod ishlab chiqarish uchun mavjud bo'lgan quyosh energiyasi miqdorini quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$E = A * I * t * \bar{\epsilon} \quad \text{bu yerda:}$$

$E$  = energiya sarfi (J)

$A$  = quyosh panelining sirt maydoni ( $\text{m}^2$ )

$I$  = quyosh nurlanishi ( $\text{Wt}/\text{m}^2$ )

$t$  = ta'sir qilish vaqti (s)

$\bar{\epsilon}$  = quyosh panelining samaradorligi

Oddiyroq qilib aytganda, ushbu formula ma'lum vaqt ichida materialdan o'tadigan elektr energiyasi miqdorini hisoblash uchun ishlatiladi. O'tkazilgan energiya miqdori materialning ko'ndalang kesimi maydoniga, u orqali o'tadigan oqimga va uning elektr o'tkazuvchanligiga proportsionaldir.

Vodorod ishlab chiqarish:

Ishlab chiqarilgan vodorod miqdorini quyidagi tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$H_2 = E * \bar{\epsilon}_{H_2} / H_{H_2} \quad \text{bu yerda:}$$

$H_2$  = ishlab chiqarilgan vodorod miqdori (mol)

$\bar{\epsilon}_{H_2}$  = vodorod ishlab chiqarish jarayonining samaradorligi

$H_{H_2}$  = vodorod hosil bo'lish entalpiyasi (J/mol)

Oddiyroq qilib aytganda, bu formula elektroliz deb ataladigan jarayonda suv orqali elektr tokini o'tkazish orqali hosil bo'ladigan vodorod gazining miqdorini hisoblash uchun ishlatiladi. Ishlab chiqarilgan vodorod gazining miqdori kiritilgan elektr energiyasi miqdori va vodorod uchun Faraday doimiysi bilan proportsional, vodorodning molyar massasiga teskari proportsionaldir.

Umumiy samaradorlik:

Tizimning umumiy samaradorligini ishlab chiqarilgan vodorod miqdorining quyosh energiyasi miqdoriga nisbati sifatida hisoblash mumkin:

$$\bar{\epsilon}_{\text{umumiy}} = H_2 / E$$

Ushbu tenglama quyosh energiyasidan foydalangan holda vodorod ishlab chiqarish samaradorligini o'lchashni ta'minlaydi. Oddiyroq qilib aytganda, ushbu formula elektroliz orqali vodorod gazini ishlab chiqarish jarayonining umumiy samaradorligini, ishlab chiqarilgan vodorod gazining miqdorini elektr energiyasining miqdoriga bo'lish orqali hisoblash uchun ishlatiladi. Ushbu formulaning natijasi jarayonning umumiy samaradorligini ifodalovchi o'lchovsiz nisbat yoki foizdir, yuqori qiymatlar esa yuqori samaradorlikni ko'rsatadi. Elektroliz orqali vodorod ishlab chiqarishning umumiy samaradorligiga ishlatiladigan elektrolitlar turi, elektroliz xujayrasining ish sharoitlari va ishlatiladigan elektr energiyasining manbai kabi turli omillar ta'sir qilishi mumkinligini unutmang. Bunda quyosh panelining samaradorligi va vodorod ishlab chiqarish jarayonining samaradorligi hisobga olinadi. Quyosh energiyasidan foydalangan holda vodorod ishlab chiqarish samaradorligini matematik modellashtirishga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan boshqa omillarga quyosh paneli va vodorod ishlab chiqarish jarayonida ishlatiladigan materiallarning turi va sifati, tizimning dizayni va ish sharoitlari kiradi. quyosh nurlanishining joylashuvi va mavjudligi hamda DIT-6 seriyali ikki rangli termometr maqsadli haroratni iflos derazalar, chang, suv yoki tutun orqali va materialning emissiyasi noma'lum bo'lganda o'lchashi mumkin. Bu bir vaqtning o'zida turli spektral diapazonlarda o'lchaydigan va hosil bo'lgan haroratni aniqlaydigan, emissivlikni hosil qiluvchi 2 detektordan foydalanish bilan bog'liq.

Ikki rangli infraqizil pirometrimiz 1500 darajadan yuqori haroratlarda haroratni aniq o'lchash imkonini beradi. DIT seriyasining 3 g dan modellarida harorat 600 dan 3000°S gacha bo'lishi mumkin.

DIT-6 yuqori aniqlik va qisqa javob vaqtiga ega. Shu bilan birga, bu sensor atrof-muhit shovqinlarini (suv, tutun, chang, uzoq o'lchash masofasi) yengishi mumkin. Hatto og'ir va og'ir muhitda ham yuqori o'lchov aniqligini saqlab turishi mumkin.

DIT-6 termometri optik ko'rish linzalari bilan jihozlangan. Optik masofa nisbati 280:1 va eng kichik nuqta o'lchami 2 mm.

Asosiy xususiyatlar:

- √ Quyidagi maqsadlar uchun aniq o'lchovni ta'minlash: Qisman yopilgan; tutun, chang, zarralar bilan bloklangan; harakatlanmoqda, sensorning ko'rish maydonidan kichikroq.
- √ 600 dan 3000°C gacha bo'lgan o'lchov oralig'i.
- √ tez javob vaqti 5 ms dan kam
- √ Uzoq masofadagi haroratni o'lchash uchun javob beradi
- √ Bir yoki ikkita rang o'lchovi Ixtiyoriy
- √ Bir vaqtning o'zida analog va raqamli chiqishlar (RS485)
- √ 30 tagacha DIT-6 seriyali ko'p nuqtali sensorlarni qo'llab-quvvatlang to'r
- √ DIKAI V2.6 Ko'p tomchi maydonni kalibrlash dasturi

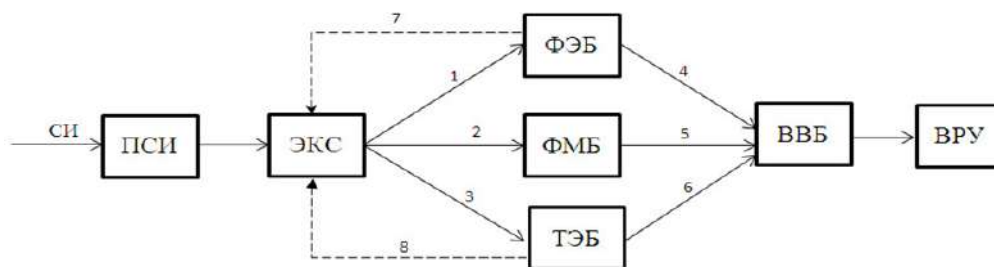
## **ПОЛУЧЕНИЕ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛА И ЭФФЕКТОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

К.Э. Онаркулов<sup>а</sup>, С.А. Музафарова<sup>б</sup>, А.А. Юлдашев<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Ферганский государственный университета<sup>1</sup>

<sup>б</sup> Институт физики полупроводников и микроэлектроники национального  
Университета узбекистана

Обеспечение в гелиооптоэлектронных системах надежность, автономность и энерго независимости открывает возможность их использования в приборах квантовой группы в условиях околоземного космоса на спутниках и орбитальных космических станциях. В результате микроминиатюризации область применения таких приборов расширяется, оптикоуправляемость и чувствительность приборов улучшается. На Рис.1 представлена структурная блок-схема универсального, дистанционно управляемого гелиооптрона. В структурном блок-схеме умело синтезируя объединяется оптоэлектронные и электронные цепи основных фотоэлектрических, фотомагнитных и термоэлектрических блоков устройства. В результате достигается высокая согласованность режимов работы гелиооптрона. Таким образом, обеспечивается селективность, избирательность и высокая чувствительность высоковольтного блока устройства, что не наблюдается в приборах наиболее близким по технической сущности к гелиооптрону.



**Рисунок 1.** Структурная блок-схема гелиооптрона.

На приведенной блок-схеме (1, 2, 3)-оптоэлектронные цепи гелиооптрона; (4, 5, 6)-электронные цепи (электрические контуры) гелиооптрона; (7, 8)- электрические контуры обратной связи; ВВБ-высоковольтный блок гелиооптрона; ФЭБ-фотоэлектрический блок гелиооптрона; ТЭБ-термоэлектрический блок гелиооптрона; ФМБ-фотомагнитоэлектрический блок гелиооптрона; ПСИ-приёмник солнечного излучения; ЭКС-электронно-коммутирующая система гелиооптрона; ВРУ-выходное рабочее устройство с диэлектрической нагрузкой; СИ-естественный поток солнечного излучения; ОБС-обратный связь гелиооптрона между входом устройств и отдельными блоками.

**Гелиооптрон работает следующим образом:** Малорасходящийся пучок солнечного излучения (СИ) поступает на приемник (ПСИ). С помощью концентраторных фотоэлектрических модулей [5, 6] получается высококонцентрированное солнечное излучение. С увеличением плотности светового потока выходное напряжение (естественно фототок в блоках) (ФЭБ, ФМБ и ТЭБ) в свою очередь возрастает. В ПСИ блоке происходит оптоэлектронный контроль плотности светового потока. Далее концентрированный световой поток большой плотности направляется на электронно-коммутационную систему (ЭКС), далее определяется режим работы гелиооптрона. Если необходимо для работы устройства фотовольтаический режим, тогда световой поток через оптический канал 1 направляется на фотоэлектрический блок (ФЭБ). Фотоэлектрический блок представляет собой батарею тонкопленочной плоскопараллельной гетерофотоэлементов (ГФЭ). В батарее ГФЭ происходит фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения на электрическую, т. е. на блоке ФЭБ возникает э.д.с. Если ЭКС выбирает термоэлектрический режим работы, тогда на блоке ТЭБ В результате теплового действия СИ возникает термоэлектрический э.д.с. Термоэлектрический блок собирается из пленочных термоэлементов. Фотоэлектрические, фотомагнитные и фототермические блоки гелиооптрона являются специальным микроэлектронным источником электрического питания, устройства. В этих источниках энергии, электроэнергия вырабатывается с помощью электрических генераторов со световым питанием СИ. Возникающие при этом токи блоков по средством электронных цепей (электрических контуров) поступают на ВВБ гелиооптрона.

1. Онаркулов К.Э., Юлдашев Ш.А. Оптоэлектрон тунда кўриш курилмаси. // ФарПИ–Илмий–техника журнали. Том 26. №4. Фарғона. –2022 йил Б.—163-166.
2. Онаркулов К.Э., Юлдашев Ш.А., Юлдашев А.А., Рузалиев М.Б. Влияние радиационных облучений на кинетические параметры фоточувствительных пленок PbS // “Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах” Материалы международной конференции Фергана –2020-года 13-14-ноября, С.—234-236.
3. Онаркулов К.Э., Юлдашев Ш.А. Тонкопленочный полупроводниковый оптоэлектронный измеритель механических напряжений // Физика полупроводников и микроэлектроника. Тошкент. –2021 йил, Том 3, выпуск 6. С.—62-67.

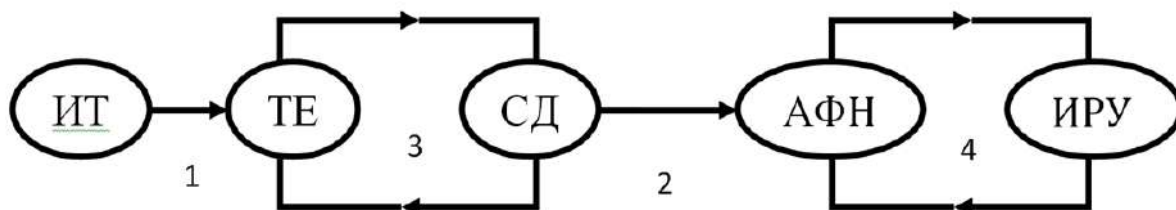
## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

К.Э. Онаркулов<sup>а</sup>, С.А. Музафарова<sup>б</sup>, А.А. Юлдашев<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Ферганский государственный университета

<sup>б</sup> Институт физики полупроводников и микроэлектроники национального Университета Узбекистана

Предлагаемое устройство АФН- структурой изготавливаются в виде тонкой пленки. Технологический режим получения АФН- пленки зависит от большого числа параметров, таких как температура испарителя и подложки, угол напыления, толщина пленки, состав и давления остаточных газов в вакуумной камере, условия термической обработки пленок после напыления. Отметим, что АФН- пленки получаются только под косым углом напыления на подложку. Между испарителем и подложкой в вакуумной камере было установлена шторка, перемещаемая с помощью электромагнитного привода параллельно поверхности источника. Изменяя скорость перемещения шторки и наклон подложки по отношению к углу молекулярного пучка, можно было независимо управлять угловой анизотропией напыления и градиентом толщины пленок, получая, в частности, пленки постоянной толщины [1]. При анизотропном напылении осуществляется оптика - анизатропность поверхности пленки, которой необходимо неоднородной освещаемости поверхностной области пленки. В связи с этим наблюдается поверхностно неоднородное поглощение света, которой обеспечивает наблюдение АФН-эффекта [2].



**Рисунок 1.** Принципиальная блок схема оптоэлектронного тепло преобразователя

ИТ-источник тепла (человеческое тело), 1-теплоноситель, ТЭ-термоэлемент, СД-светоизлучающий диод, 2-световод, АФН-фотоприемник генераторного типа, ИРУ-исполнительное робочее устройство, 3, 4 - соответствующий вспомогательный (согласующий) элемент электрических контуров устройства.

Использование для собственных нужд тепла для человеческого тела является очень актуальной задачей. Один из вариантов решения этой задачи предложено в данной работе.

**Устройство работает следующим образом:** Из источника тепла (их) посредством теплоносителя (1) тепловой поток поступает на термоэлемент (ТЕ). На термоэлементы возникает термоток. Через электрический контур согласующее звено (3), проходит и через светоизлучающий диод (СД). Светоизлучающий диод представляет собой световой генератор с электрическим питанием в светодиоде (СД) электрическая энергия термотока превращается на энергию светового потока. Световой поток по средством свето вода поступает на фотоприёмник генераторного типа (АФН). Фотоприёмник АФН является электрический генератор со световым питанием. При освещении АФН фотоприёмник генерирует аномально высокое фотонапряжение. Такие ФП изготавливается из оптика анизотропного полупроводникового материала. Для промышленной реализации проекта можно использовать тонкопленочную вакуумную технологию. Эпитаксиальное выращивание тонкоплёночных структур это одностабильный, полностью автоматический процесс. Аномально высокое фотонапряжение через электрических цепь вспомогательных элементов (4) поступает на исполнительную рабочую устройство (ИРУ) Рис.1.

Устройство для получения больших электрических полей использовано тепла человеческого тела (ТЧТ). Через тепло носитель ТЧТ поступает на термоэлектрический элемент (термоэлемент), там под действием тепла возникает термоэлектрический ток. Термоэлектрический ток посредством электрического контура паступает светоизлучающий диод (СД) светоизлучающий диод ,который представляет собой световой генератор с электрическим питанием.Световой поток через оптический канал передаётся на специальный фотоприёмник АФН, там световой сигнал преобразуется на большой электрический потенциал. АФН фотопрёмник является электрическим генератором с оптическим питанием. В АФН фотопрёмнике первичным процессом является фототок. Фототок проходит через высокоомное сопротивление АФН-фотопрёмника.Из аномально высокого фотонапряжения АФН фотопрёмник, как источник высокого напряжения, работает только на основе высокоомной диэлектрической нагрузкой и служит как источник больших электрических полей. Ток в цепи АФН-фотопрёмника составляет в порядке  $<10^{-10}$  А.

1. Онаркулов К.Э., Юлдашев Ш.А. Optomagnitoelektron o'zgartirgich // Яримўтказгичлар ва полимерлар физикасининг долзарб муаммолари мавзусидаги хорижий олимлар иштирокида республика илмий-амалий анжумани материаллари Тошкент-2022 йил, 1 феврал.–Б. 250-252.
2. Найманбаев Р., Хомидов А.Қ., Юлдашев А.А., Юлдашев Ш.А., Юлдашева Ш.А. Разработка и исследование оптоэлектронных приборов на основе возобновляемых



## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА И ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

К.Э.Онаркулов<sup>а</sup>, С.А. Музафарова<sup>б</sup>, А. А. Юлдашев<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Ферганский государственный университета

<sup>б</sup> Институт физики полупроводников и микроэлектроники национального Университета Узбекистана

В предлагаемом оптоэлектронном преобразователе в отличие от других [1] подобных оптоэлектронных приборов вместо солнечного излучения используется магнитное поле различных внешних источников. Большие электрические поля широко применяются в различных отраслях науки и техники. С применением данного устройства в приборах квантовой группы открываются возможности микроминиатюризации, энергосберегаемости и повышение надёжности прибора. Кроме того большие электрические поля применяются в системах электроадгезионных захватов и закрепляющих систем робототехники с целью улучшения надёжности, автономности и энергонезависимости системы. Химико – технологических процессах большие неоднородные электрические поля используются как фотоэлектрический стимулятор процессов и сортирующее средство сложных молекулярных потоков [2]. С применением заявляемого устройства в микроэлектронной оптической системе безконтактное дистанционное управление оптоэлектронных приборов улучшается, и чувствительность надёжность возрастает на несколько порядков [1] на Рис.1. представлена принципиальная блок – схема оптоэлектронного магнито – оптического преобразователя.

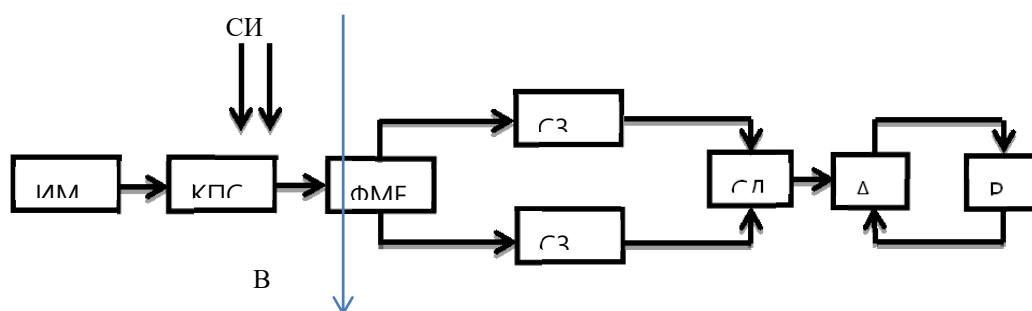


Рисунок 1.

Фотомангнитный преобразователь магнитного поля к электрическому полю.

ИМП – источник магнитного поля, СИ - поток солнечного излучения, КПСП – блок контроля плотности солнечного потока (излучения), ФМЭ – Фотомангнитный элемент, при помещение ФМЭ в магнитного поля перпендикулярного лучу света, неоднородного полупроводника в нём возникает

фотомагнитный Э.Д.С. (ФМЭ-эффект, фотомагнитоэлектрический эффект), СЗ – согласующего звено, с высоким входным сопротивлением, оно состоит из катодного повторителя в МОП – транзисторах, СД – светодиод (рабочий ток порядка 100 мА, рабочее напряжение 1–30В) – Это устройства излучающий свет при пропускания тока через него. Основное достоинство низкое энергопотребление без ущерба яркости и светоотдачи. В световом спектре СД нет ультрафиолетовой составляющей, АЭ – АФН – элемент это фотоприёмник работающий в режиме электрического генератора с оптическим питанием т.е. АЭ получая световой поток, преобразует в электрическое поле, РБ – внешний рабочий блок или выходное устройства (нагрузка), В – направление внешнего магнитного поля.

**Устройство работает в следующем порядке:** Если фотомагнитный элемент (ФМЭ) находится в магнитном поле, перпендикулярно направленной магнитному полю, проходит малорасходящийся пучок света (может быть пучок солнечного излучения). На ФМЭ возникает аномально высокие фотомагнитные напряжения (АФМ) [3]. Аномально высокое фотомагнитное напряжения с помощью электрического контура через СЗ поступаая на светоизлучающий диод, СД вновь преобразуется в электромагнитную волну (световую). Световой сигнал СД через оптический канал поступает на АФН – элемент (АЭ). АФН – элемент (АЭ) представляет собой электрический генератор с оптическим питанием, где возникает аномально большие фото напряжение (АФН).

**Основные технические характеристики:** Ток светодиоде 0.03-0.04 А, напряжение 1-30 В, световой поток 240-300 люмен, Вес порядка: 150 г, спектральный область: видимой и ближний инфракрасный, рабочая температура: комнатной 20-25 °С, корпус: несущее конструкция в место связанной с кронштейном выполнен из (диэлектрика) пластика литой эпоксидной смолой типа э – б, напряженность электрического поля на выходе устройства (максимально)  $10^5$  В/см.

1. Онаркулов К.Э., Юлдашев Ш.А., Юлдашев А.А., Рузалиев М.Б. Влияние радиационных облучений на кинетические параметры фоточувствительных пленок РbS // “Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах” Материалы международной конференции Фергана 2020-года 13-14-ноября с.234-236
2. Найманбаев Р., Юлдашев Ш.А., Юлдашев А.А., Хомидов А.Қ., Юлдашева Ш.А. Оптоэлектронный преобразователь // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002993, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the protection of Literary and Artistic Works, 19-October 2020.
3. Онаркулов К.Э., Нуриддинова Р., Юлдашев Ш.А., Юлдашев А.А. Разработка теплопреобразователя на основе аномального фотовольтаического эффекта. // Сибирский Физический Журнал. Том 17, № 3 Rossiya 2022г. с.53-60

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВИХ СПЛАВОВ

Хасанов А.С., Абдукадыров А.А., Мирзанова З.А., Каримова Ш.К  
АО «Алмалыкский ГМК»

Медные силикатные шлаки – это сплав оксидов (в основном силикатов железа), в котором растворено некоторое количество сульфидов и присутствует сульфидно-металлическая взвесь. Ферритные (безкремнистые) шлаки при отсутствии их гетерогенизации с ростом содержания  $Fe^{3+}$  и низкой растворимостью  $Cu_2O$  используются при непрерывном конвертировании. Растворимость сульфидов в шлаке повышается с ростом температуры и количества  $Fe^{3+}$ . Содержание меди в шлаке в виде мелкодисперсной взвеси при неполном разделении фаз снижается с ростом температуры, понижением вязкости и увеличением сил межфазного натяжения на границе штейн-шлак. Состав и свойства шлаков определяют все основные показатели технологического процесса. Свойства шлаков классифицируются как физические, физико-химические, и связанные с явлением переноса. Технологические процессы медного производства по своей физико-химической сущности - это процессы взаимодействия между сульфидными, оксидными и металлическими фазами при термической и реагентной обработке.

Сульфиды и оксиды подразделяются на высшие и низшие, в зависимости от содержания в них серы и кислорода. Низшим сульфидом / (оксидом) является соединение с максимальным содержанием металла, высшим – с минимальным.

Например, железо с серой образуют следующие соединения:

- стехиометрический сульфид  $FeS$  (троилит);
- нестехиометрические сульфиды промежуточного состава  $Fe_nS_m$  ( $m > n$ ) пирротины;
- высшие сульфиды  $FeS_2$  (пирит).

По мнению некоторых авторов, пирротины - это твёрдые растворы серы в троилите. В жидком состоянии может существовать только один троилит, при кристаллизации сульфидных расплавов в твёрдой фазе содержатся пирротины различного состава. Железо и кислород также образуют три химических соединения:

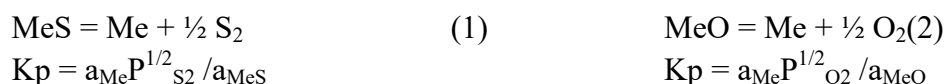
- закись железа  $FeO$  (вюстит);
- закись - окись железа  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$  (магнетит); окись железа  $Fe_2O_3$  (гематит).

Все оксиды железа могут существовать в жидких фазах и выделяться при их кристаллизации в виде индивидуальных фаз или химических соединений. В индивидуальной жидкой фазе может существовать только вюстит ( $FeO$ ).

Мерой термодинамической устойчивости (прочности) сульфидов и оксидов является отрицательное значение свободной энергии Гиббса их образования ( $-\Delta G_T^0$ ), отнесённое к молю серы или кислорода ( $S_2$  или  $O_2$ ).

В технической литературе ( $-\Delta G_T^0$ ), образования оксида или сульфида по отношению к молю кислорода или серы принято называть сродством к кислороду или сере. Этот термин носит общепринятый характер, но не является вполне корректным, поскольку не соответствует строгому понятию сродства химической реакции, принятому в современной термодинамике. Поэтому надо внимательно относиться к использованию в различных работах терминологии.

Рассмотрим химические реакции диссоциации



В случае если Me, MeO, MeS находятся в индивидуальных фазах

$$\begin{aligned} a_{\text{Me}} &= 1 & a_{\text{MeS}} &= 1 & a_{\text{MeO}} &= 1, \\ K_p &= P_{\text{S}_2}^{1/2} & & & K_p &= P_{\text{O}_2}^{1/2} \end{aligned}$$

Если отнест  $\Delta G_{\text{T}}^{\circ}$  реакции к одному молю серы или кислорода, то

$$\begin{aligned} K'p &= P_{\text{S}_2} & K'p &= P_{\text{O}_2} \end{aligned}$$

или

$$\exp(-\Delta G_{\text{TMeS}}^{\circ}/RT) = Kp = P_{\text{S}_2}, \exp(-\Delta G_{\text{TMeO}}^{\circ}/RT) = Kp = P_{\text{O}_2} \quad (3)$$

Значения парциального давления серы и кислорода также являются показателем термической устойчивости сульфидов и оксидов. Парциальным давлением серы и кислорода считают в силу того, что диссоциация соединений осуществляется в условиях наличия парциального давления самого соединения ( $P_{\text{MeS}}$ ,  $P_{\text{MeO}}$ ) или других его компонентов, например ( $P_{\text{Me}}$ ). Этот вопрос достаточно полно изложен в специальной литературе [1].

Серо-кислородный потенциал является характеристикой совместной диссоциации сульфидов и оксидов, определяющей направление совместных процессов диссоциации, окисления и сульфидирования.

Диссоциация сульфидов и оксидов происходит в рамках систем Me-S и Me - O.. Компоненты системы (Me - S) или ( $\text{MeS}_2$  - MeS -  $\text{MeS}_n$  -  $\text{S}_2$ ) и (Me - O) или (Me - MeO -  $\text{MeO}_n$  -  $\text{O}_2$ ) характеризуются следующими параметрами  $\Delta G_{\text{TMe}}^{\circ} = 0$ ,

$$\Delta G_{\text{T S}_2}^{\circ} = 0, \text{ а также } \Delta G_{\text{T Me}}^{\circ} = 0, \text{ и } \Delta G_{\text{T MeO}}^{\circ} = 0$$

Таким образом, растворение (поглощение) серы или кислорода металлом сульфидов или оксидов может происходить в условиях ограниченной растворимости или даже при отсутствии растворимости. В последнем случае даже **минимальный** переход серы или кислорода в соединение или металл приводят к тому, что их активности станут стремиться к единице  $a_{\text{S}_2(\text{O}_2)}$ , и парциальное давление уравнивается с парциальным давлением в газовой фазе.

Эти закономерности имеют в основном теоретическое значение, так как в полном объёме справедливы только в случае, если металлы, сульфиды и оксиды находятся в виде индивидуальных фаз. Это может иметь место при низких температурах, не соответствующих реальным температурам металлургических процессов. Металлы, сульфиды и оксиды обладают растворимостью в твёрдом или жидком виде, от полной до ограниченной. В этом случае устанавливается промежуточное состояние, при котором парциальное давление серы или кислорода определяется активностью компонентов в расплавах

1. А.С. Хасанов, К.С. Санакулов Шлаки медного производства. Ташкент 2007. Мухаррир.320 с.



## ACADEMICIAN GIYAS UMAROV

(1921-1988)

President of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev signed a resolution in which he calls the introduction of renewable energy sources one of the important areas of state policy. "One of the topical areas of state policy at the present stage should be to increase the energy efficiency of economic and social sectors, the widespread introduction of energy-saving technologies and renewable energy sources," the document says. Also, our President set the task to bring the share of renewable energy sources in the total electricity generation to 25% by 2030.

Such grandiose tasks are possible only thanks to the state support provided personally by the President Sh. M. Mirziyoyev and the scientific potential accumulated by Uzbek scientists in the past.

Our country has a wealth of experience in scientific research on the use of solar energy. In Uzbekistan lived and worked a galaxy of Uzbek scientists who dealt with issues of solar technology, whose names were known among specialists all over the world. Among them is Academician Giyas Yakubovich Umarov, who is considered the founder of heliotechnical science in Uzbekistan, a native of Tashkent. Professor Daniel Alpert (USA), who chaired the International Symposium on Energy, which was held in Davos (Switzerland) in August 1990, spoke very eloquently about his merits (from the story of the Symposium participant Prof. Sultan Suleimanov, November 2015): "An outstanding scientist, Professor Giyas Umarov worked in Tashkent. He has done enormous and invaluable research in understanding the use of solar energy. Giyas Umarov in the mid-60s organized the international journal "Heliotechnics", in which he published his scientific works and ideas. The magazine was the only one in the world where we could find scientific information about the use of solar energy. His research was 50-60 years ahead of its time, and now we see how his bold ideas are being brought to life. Therefore, we are all considered his disciples. And now Professor Sultan Suleimanov from Tashkent will make a presentation "The Large Solar Furnace One MegaWatt".

Professor Giyas Umarov in 1972 initiated the construction of the Large Solar Furnace in Uzbekistan. Repeatedly on this issue, the Deputy Chairman of the Council of Ministers of the USSR, Chairman of the State Committee for Science and Technology of the USSR Acad. V. A. Kirillin. In 1975, G. Ya. Umarov (co-rapporteurs R.A. Zakhidov) made a report on this issue at the Military Industrial Complex (MIC) under the chairmanship of the Minister of Defense of the USSR, member of the Politburo of the Central Committee of the CPSU D. F. Ustinov. Further from the story of Academician R.A. Zahidova: "The performance at the military-industrial complex was on December 25, the birthday of Giyas Yakubovich. After the report was approved, we were told that we should

urgently contact the leadership of the republic. Giyas Yakubovich and I went to the permanent mission of Uzbekistan and the Plenipotentiary called the First Secretary of the Central Committee of the Communist Party of Uzbekistan Sh. R. Rashidov, who contacted the Chairman of the State Planning Committee of the USSR N.K. Baibakov and agreed to include the construction of the BSP in the plan for the next year. On the recommendation of the military-industrial complex, a Decree of the Central Committee of the CPSU and the Council of Ministers of the USSR was issued on the construction of the Big Solar Furnace (BSP) in the Tashkent region (I, as a driver, with my Father, R. A. Zakhidov, A. Alimov, and others repeatedly traveled to select the construction site of the BSP), which was built in 1987 under the leadership of academician S.A. Azimov. In the autumn of 1946, Father goes to Leningrad to enroll in graduate school and wants to study nuclear energy. During this period, nuclear topics are strictly classified. Father was refused due to lack of security clearance and was recommended to return to Tashkent to obtain security clearance! Leaving the building of Leningrad University, where he was at a popular science lecture on nuclear physics, my father suddenly saw Academician S.I. Leningrad branch, so he spent part of the time in Leningrad). Vavilov went on foot towards the University, my father followed him and wanted to turn, but from excitement he forgot Vavilov's name and patronymic. After a while, Vavilov stopped, turned around and asked: "You want to tell me something, young man? Yes, Comrade Vavilov!" was my father's answer. V.G. Khlopin and invited him to test the applicant. Director, gave the task to develop a device for registration of elementary particles. After 2 weeks, V.G. Chlorin came to the lab to check on the assignment. As Papa said, when testing the device, it did not work, although it did work the day before. I was sweating all over, Father continued the story, and at that time the director patted me on the shoulder and said that this is called the Visit-effect, you have been accepted to graduate school! G.Ya. Umarov was the first candidate of science in nuclear physics in Uzbekistan. He defended his dissertation at Moscow State University in 1949. On the eve of the defense, he passed the pre-defense in the laboratory of acad. L. D. Landau. A scientific dispute between the applicant and the famous academician flared up over the mass of the neutrino. Giyas Umarov suggested that the neutrino mass cannot be more than  $1/50$ - $1/100$  of the electron mass (G.Ya. Umarov et al. - ZhETF, 1949, v.19, p.1136), while before him that the mass of a neutrino is 0.3-0.8 of the mass of an electron. Until lunch, the argument continued in the laboratory, and for lunch, the academician took the dissertation candidate to his home, and after dinner they continued the scientific dispute until the evening, leaning on the sofa. In the evening L.D. Landau signed a positive review, but at the same time said: "The dissertation student remained with his opinion, and the opponent with his." The next day, the Academic Council of Moscow State University of 43 members voted with 100% result to award Giyas Umarov the scientific title of Candidate of Physical and Mathematical Sciences. The father said that during the defense the following incident occurred: "10 minutes after the start of the report, I noticed that the members of the Council (these are venerable academicians and professors, in a word, luminaries of science) are not listening to me and are talking among themselves. I stopped the report. The chairman turns to me with a question whether I have finished the report, to which I replied that no, but I see that no one is listening to me. The chairman called everyone to silence and suddenly attacked me with the words, "What right do you have to make a remark to the members of the Academic Council. Report your affairs and that's it! I continued my report and until the end of it all the members of the Council listened attentively to my report!"

A reference to the results of G. Ya. Umarov's research on the neutrino mass was made in the fundamental article of the three times Hero of Socialist Labor, laureate of the Lenin Prize and four Stalin Prizes, academician Ya. B. Zeldovich, M. Yu. Khlopov "Neutrino mass in elementary particle physics and Cosmology of the Early Universe (Uspekhi, September, 1981). Considering the development of physical science on the example of the evolution of knowledge about the neutrino mass, the authors refer to the results of research by 12 scientists, 11 of which are Nobel Prize winners and one Giyas Umarov is a young candidate of science. Reines, Fredrik (1918-1998) - American physicist who experimentally discovered the neutrino in 1956, for which he was awarded the Nobel Prize in 1995. Giyas Umarov was an experimental physicist and published his work on the mass of the neutrino in 1949 and, for sure, described the experiment with the neutrino. It would be good for our nuclear physicists to study the work of Reines and G. Umarov on this issue and write a generalized article.

In the field of nuclear energy, G. Ya. Umarov left a deep mark: At JINR (Dubna) he organized a group of young scientists from Uzbekistan (A. Abdurazakov, T. Islamov, F. Mukhtasimov, A. Abdumalikov, etc.), developed and installed in 1957 a Beta-spectrograph on a permanent magnet, on which he and his students have received many unique results. His group pioneered many experimental methods and research concepts in the spectral analysis of unstable nuclei, giving rise to similar research centers in other countries.

The result of the research was the publication of the monograph "Beta-spectrographs with permanent magnets" by G. Ya. Umarov and co-authors.

Giyas Umarov organized in 1958, under the leadership of Academician I. V. Kurchatov, a plasma laboratory at his native Physicotechnical Institute (Tashkent) and dealt with questions of a controlled thermonuclear reaction. Igor Vasilyevich personally sent 2 carriages of equipment for plasma research, which were assembled at the Physicotechnical Institute. Two of his students A. Alimov and V. Trukhov defended their Ph.D. dissertations on the basis of research at these facilities.

Since 1963, Giyas Yakubovich Umarov switched completely to solar technology - at the Physico-technical Institute he organized the Solar Department, consisting of 4 laboratories and a design bureau, and he was always interested in the problem of finding and developing energy sources. Back in 1954, at the All-Union Conference on the Use of Solar Energy, where schemes for creating solar power plants were discussed, Giyas Yakubovich proposed the now well-known scheme of a tower-type solar power plant with a heliostat field. The need to build a solar power plant in Uzbekistan did not leave G. Ya. Umarov alone. According to his initiative, in 1981, an offsite meeting of the section of the thermodynamic method of converting solar energy under the Scientific Council of the State Committee for Science and Technology of the USSR was convened in Tashkent. The meeting approved as a promising option solar-fuel power plants (STES) based on off-balance gas fields. The USSR Ministry of Energy was preparing a feasibility study for the construction of a large SPP in Uzbekistan (Gazli).

Special attention prof. G. Ya. Umarov drew attention to the efficient use of solar energy in agriculture. Under the leadership of Giyas Yakubovich, work was carried out on solar drying of agricultural products, pulsed irradiation of cotton seeds and other crops in order to increase their yield and early ripening, work was carried out on the use of photodestructive polymer films for mulching cotton crops. He is the initiator of the wide sowing of cotton on comb-profiled beds.

Together with the rector of TIAME prof. S.P. Pulatov at the Department of Agricultural Management developed units for creating comb-profiled beds, as well as for covering cotton crops with a photodestructive film. Long-term tests of these methods and units at the Uchkhoz TIIMSH proved the effectiveness of the applied sowing technologies. In 1988, Giyas Yakubovich proposed devices for the selection of heated water from the upper lens of the reservoir, while in the technologies used, water is beaten off from the lower layers, the temperature of which is 15-20 degrees lower, which increases the growing season and ultimately significantly reduces yields. A copyright certificate has been obtained for this device. Giyas Yakubovich was not only a highly productive and innovative scientist, but also a real researcher - a man of enlightenment in his broad interests and endeavors, mainly in the history and culture of his people and the history of science. He was especially fascinated by the history of mathematics and astronomy, as they were closely connected with the history of his people. Central Asia gave humanity many world-famous scientists: mathematicians and astronomers Al-Beruni, Al-Khorazmi, Ulugbek, erudite Abu Ali Sina (Avicenna) and others. His interest in Beruni's work was primarily sparked by an unlikely subject: homemade suzani, an ancient hand-embroidered textile that was passed down in Uzbek families from generation to generation. Suzani are embroidered by young brides and show the disks of the sun, planets and moon; they are called "falak", which means "sky". In particular, the suzani from Umarov's family heirloom there was an ornament with a large sun in and around the center - several smaller disks with spiral patterns arranged on "orbits".

The legend says that the first "sun and moon" Suzane was made by the bride of one of Beruni's students; the bride saw a diagram of the solar system in her lover's office and used the pattern in her embroidery with the sun in the center and the rotation of the planets, which was represented by spirals. This forced Giyas Yakubovich to reread the works of Beruni and Copernicus from the point of view of modern science.

In 1973, this endeavor culminated in the publication of a book entitled "Beruni, Copernicus and Modern Sciences", which was published in the USA in 2001 under the title "At the crossroads of millennia" and is dedicated to the 1000th anniversary of the birth of Beruni and the 500th anniversary of the birth of Nicholas Copernicus.

A large place in the activities of G.Ya. Umarova was engaged in pedagogical activity at the universities of Tashkent, education and training of highly qualified scientific personnel and specialists. Under his supervision, 54 doctoral and master's theses were defended. He is the author of more than 4 monographs, 6 popular science books, published more than 250 scientific articles, received 31 copyright certificates.

The merit of Giyas Yakubovich is the organization of the first heliopolygon at the Physicotechnical Institute of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR in the early 60s of the twentieth century. Delegations from all over the world and the USSR came to get acquainted with solar technical devices. Dozens of graduate students from Uzbekistan, the USSR and from abroad conducted their research on the use of solar energy at this test site. Later, his students organized similar training grounds in Bukhara (prof. B. Ochilov), in Karshi (prof. A. Vardiashvili).

At the beginning of the 70s, on the initiative of G.Ya. Umarov, the first plant in the world for the production of solar power plants was built on the territory of the colony of the special regime of the Ministry of Internal Affairs in Karaul - Bazaar, Bukhara region. G.Ya. Umarov in the last years of his life actively participated in the issue of the state of the Aral Sea, which has been shrinking since 1960. Umarov was a member of the



Committee for the Restoration of the Aral Sea, making a strategic contribution to solving this problem.

Prof. G.Ya. Umarov was a member of the Scientific Council of the USSR Academy of Sciences on the complex problem "Searching for new ways to use solar energy", a member of the Scientific Council of the State Committee for Science and Technology of the USSR on the issue of energy, a member of the Bureau of the Central Scientific and Technical Society of the USSR Ministry of Energy, chairman of the Problem Council for Solar Engineering of the Academy of Sciences of the UzSSR, a member of the specialized Council for the defense of doctoral dissertations at the NPO "Solntse" of the Academy of Sciences of the TSSR, permanent deputy editor-in-chief of the all-Union journal *Geliotekhnika*.

Until his last day and last breath, he remained intellectually occupied and wrote an article on ways to maintain a stable plasma equilibrium in the Tokamak. He was just a man who dreamed of using the power of plasma and the sun to improve humanity. This dream of using the energy of the Sun was the essence of Giyas Umarov and his legacy that will be continued by his followers.

Giyas Yakubovich was awarded the order. "Badge of Honor", the medal "For Valiant Labor" and many Certificates of Honor. Anatoly Ershov was friends for many years and often talked with G.Ya. Umarov and wrote a book about him in 1996, which was published in Moscow, and now we are republishing it in Uzbek and it is dedicated to the 100th anniversary of the birth of Giyas Yakubovich Umarov.

An exceptional scientist, innovative experimenter and respected person will live in the hearts and minds of his descendants, friends, colleagues and students.

Academician Professor R.A. Zakhidov

Honorary Academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky, Professor G. G. Umarov

## **АКАДЕМИК ГИЯС УМАРОВ** **(1921-1988)**

Президент Узбекистана Шавкат Мирзиёев подписал постановление, в котором называет одним из важных направлений государственной политики внедрение возобновляемых источников энергии. "Одним из актуальных направлений государственной политики на современном этапе должно стать повышение энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, широкое внедрение энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии", - говорится в документе. Также, наш Президент поставил задачу довести долю возобновляемых источников энергии в общем объеме генерации электроэнергии до 25% к 2030 году. Такие грандиозные задачи возможны только благодаря государственной поддержке, которую оказывает лично Президент Ш.М. Мирзиёев и тому научному потенциалу, накопленным узбекскими учеными в прошлом.

Наша страна обладает богатейшим опытом научных исследований по использованию солнечной энергии. В Узбекистане жили и трудились плеяда узбекских ученых, занимавшиеся вопросами гелиотехники, имена которых были известны среди специалистов во всём мире. Среди них академик Гияс Якубович Умаров, считающийся

основоположником гелиотехнической науки в Узбекистане, уроженец Ташкента.

О его заслугах очень красноречиво сказал профессор Даниель Альперт (США) председательствующий на Международном Симпозиуме по Энергетике, который проходил в Давосе (Швейцария) в августе 1990 (из рассказа участника Симпозиума проф. Султана Сулейманова, ноябрь 2015): «В Ташкенте работал выдающийся ученый профессор Гияс Умаров. Он провёл огромные и бесценные исследования в понимании вопросов использования солнечной энергии. Гияс Умаров в середине 60 годов организовал международный журнал «Гелиотехника», в котором он публиковал свои научные труды и идеи. Журнал был единственным в мире, где мы могли найти научную информацию об использовании солнечной энергии. Его исследования на 50-60 лет опережало своё время и теперь мы видим, как его смелые идеи воплощаются в жизнь. Поэтому, все мы считаемся его учениками. А сейчас профессор Султан Сулейманов из Ташкента выступит с докладом «Большая Солнечная печь “One MegaWatt”». Профессор Гияс Умаров в 1972 году инициировал: строительство Большой солнечной печи в Узбекистане. Неоднократно по этому вопросу в Ташкент приезжал Заместитель Председателя Совета Министров СССР, Председатель ГКНТ СССР Акад. В.А. Кириллин.

В 1975 году Г. Я. Умаров выступил с докладом по данному: вопросу на Военно-Промышленном Комитете (ВПК) под председательством министра обороны СССР ,члена Политбюро ЦК КПСС Д.Ф.Устинова. Далее из рассказа акад РА. Захидова: «выступление на ВПК было 25 декабря- в день рождения Гияса Якубовича. Когда приехали в ГКНТ СССР нам показали письмо от руководства ФТИ АН УЗССР о нецелесообразности строительства БСП в Узбекистане. Однако Гияс Якубович настоял, что он будет делать доклад на ВПК. После одобрения доклада нам сказали, что срочно следует связаться с Руководством республики. Мы с Гияс Якубовичем поехали в постпредство Узбекистана и Полпред позвонил Первому секретарю ЦК Компартии Узбекистана Ш.Р. Рашидову, который связался с Председателем Госплана СССР Н.К. Байбаковым и договорились включить в план строительство БСП на следующий год. Без инициативы и настойчивости Г.Я.Умарова БСП в Узбекистане не была бы построена!» По рекомендации ВПК вышло Постановление ЦК КПСС и СМ СССР о строительстве Большой Солнечной Печи (БСП) в Ташкентской области (я, как водитель, с отцом, Р.А. Захидовым, А. Алимовым и др неоднократно выезжал для подбора места строительства БСП) который был построен в 1987 под руководством академика Азимова С.А. Осенью 1946 года Отец едет в Ленинград, чтобы поступить в аспирантуру и хочет заниматься ядерной энергией. В этот период ядерная тематика строго засекречена. Отцу отказали из-за отсутствия допуска и рекомендовали вернуться в Ташкент, для получения допуска. Выходя из здания Ленинградского университета, где был на научно-популярной лекции по ядерной физике, отец вдруг увидел спускающегося по лестнице Президента АН СССР академика С.И. Вавилова (С.И. Вавилов: только был избран Президентом Академии Наук, но все еще оставался Председателем Ленинградского отделения, поэтому часть времени проводил в Ленинграде).

Вавилов пошёл пешком в сторону Университета, отец идёт за ним и хочет обратиться, но от волнения позабыл имя отчество Вавилова. Через некоторое время Вавилов остановился, обернулся и спросил: «Вы хотите мне что-то сказать молодой человек?» Да, товарищ Вавилов!» был ответ отца... Сергей Иванович вернулся в свой кабинет с Отцом позвонил директору Радиевого института акад. В.Г. Хлопину и предложил ему испытать соискателя. Директор дал задание разработать прибор для регистрации элементарных частиц. Через 2 недели В.Г. Хлопин пришёл в лабораторию проверить выполнения задания. Как Папа рассказывал, при испытания прибора он не работал, хотя накануне действовал. Я весь вспотел, продолжил рассказ Отец, и в это время директор похлопал меня по плечу и сказал, что это называется Визит- эффект, Вы приняты в аспирантуру!

Г.Я. Умаров был первым кандидатом наук по ядерной физики в Узбекистане. Диссертацию он защитил в МГУ в 1949 году. Накануне защиты проходил предзащиту в лаборатории акад. Л.Д. Ландау. Научный спор между соискателем и знаменитым академиком разгорелся по поводу массы нейтрино. Гияс Умаров предложил, что масса нейтрино не может быть больше  $1/50$ - $1/100$  массы электрона (Г.Я. Умаров и др. - ЖЭТФ, 1949, т. 19, с. 1136), в то время как до него считалось, что масса нейтрино составляет 0.3-0.8 массы электрона. До обеда спор продолжался в лаборатории, а на обед академик увёл диссертанта к себе домой и после обеда они до вечера продолжили научный спор, облокотившись на диване. Вечером Л.Д. Ландау подписал положительный отзыв, но при этом сказал: «Диссертант остался при своём мнении, а оппонент при своём».

На следующий день Учёный совет МГУ из 43 членов со 100% результатом проголосовали за присуждения Гиясу Умарову научного звания кандидат физико-математических наук. Отец рассказывал, что во время защиты произошёл следующий случай: «Через 10 минут после начала доклада я заметил, что члены Совета (это маститые академики и профессора, одним словом, корифеи наук) меня не слушают и разговаривают между собой. Я прекратил доклад. Председатель обращается ко мне с вопросом закончил ли я доклад? На что я ответил, что нет, но вижу, что меня никто не слушает. Председатель призвал всех к тишине и вдруг на меня накинута со словами - «Какое вы имеете право делать замечание членам Учёного Совета. Ваше дело доложить и все!» Я продолжил свой доклад и до его конца все члены Совета внимательно слушали мой доклад!». Ссылку на результаты исследований Умарова Г.Я. о массе нейтрино было сделано в фундаментальной статье. трижды. Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии и четырёх Сталинских премий, академика Я.Б. Зельдович, М.Ю. Хлопов “Масса нейтрино в физике элементарных частиц и космологии ранней Вселенной” (УФН, сентябрь, 1981). Рассматривая развитие физической науки на примере: эволюции знаний о массе нейтрино, авторы ссылаются на результаты исследований 12 учёных, 11 из которых Лауреаты Нобелевских премий и один Гияс Умаров - молодой кандидат наук.

Райнес Фредрик (1918-1998)- американский физик, экспериментально открывший нейтрино в 1956 г., за что был удостоен Нобелевской премии в 1995 г. Гияс Умаров был физиком- экспериментатором и свою работу по массе нейтрино

опубликовал в 1949 г. и, наверняка, описал эксперимент с нейтрино. Было бы хорошо, чтобы наши физики –ядерщики изучили работы Райнеса и Г. Умарова по этому вопросу и написали бы обобщённую статью.

В области ядерной энергии Г.Я. Умаров оставил глубокий след: В ОИЯИ (Дубна) организовал группу из молодых учёных: Узбекистана (А. Абдуразаков, Т. Исламов, Ф. Мухтасимов, А. Абдумаликов и др.), разработал и установил в 1957 году Бета-спектрограф на постоянном магните, на котором он и его ученики получили множество уникальных результатов. Его группа стала пионером многих экспериментальных методов и концепций исследований в области спектрального анализа: нестабильных ядер, породив аналогичные исследовательские центры в других странах.

Итогом исследований было издание монографии Г.Я. Умарова с соавторами «Бета спектрографы с постоянными магнитами». Гияс Умаров организовал в 1958 г под руководством академика И.В. Курчатова лабораторию по плазме в родном Физико-техническом институте (Ташкент) и занимался вопросами управляемой термоядерной реакции. Игорь Васильевич лично отправил 2 вагона оборудованию по исследованию плазмы, которые были смонтированы в ФТИ. Двое его учеников А. Алимов и В. Трухов на основе исследований на этих установках защитили кандидатские диссертации.

С 1963 года Гияс Якубович Умаров полностью переключается на гелиотехнику - при ФТИ организует Гелиоотдел, состоящий из 4 лабораторий и КБ т к его всегда интересовала проблема поиска и освоения возобновляемых источников энергии (ВАД). Ещё в 1954 году на Всесоюзной конференции по использованию солнечной энергии, на которой обсуждались схемы создания солнечных электростанций, Гияс Якубович предложил ныне широко известную схему СЭС башенного типа с гелиостатным полем. Необходимость строительства СЭС в Узбекистане не оставляла Г.Я. Умарова в покое. По его инициативе в 1981 году в Ташкенте было созвано выездное заседание секции термодинамического метода преобразования солнечной энергии при научном Совете ГКНТ СССР. Заседание одобрило как перспективный вариант солнечно- топливных электростанций (СТЭС) на базе забалансовых газовых месторождений. Министерство энергетики СССР занималось подготовкой ТЭО для строительства в Узбекистане (Газли) крупной СТЭС. Особое внимание проф. Г.Я Умаров обращал на эффективное использование солнечной энергии в сельском хозяйстве. Под Руководством Гияс Якубовича выполнялись работы по опреснению соленой воды, отоплению и горячего водоснабжения домов, солнечной сушке сельхозпродуктов, импульсному облучению семян хлопчатника и других культур с целью повышению их урожайности и раннему созреванию, велись работы по применению фоторазрушающих полимерных плёнок для мульчирования посевов хлопчатника. Он инициатор посев хлопчатника на гребне-профилированных грядках. Совместно с ректором ТИИИМС проф. С.П. Пулатовым на кафедре СХМ были разработаны агрегаты для создания гребне- профилированных грядок, а также по покрытию посевов хлопчатника фоторазрушающей плёнкой. Многолетние испытания этих методик и агрегатов в Учхозе ТМММСХ доказали эффективность применяемых технологий посева. В 1988 году Гияс Якубович предложил устройства по отбору нагретой воды с верхней линзы водохранилища, в то

время как в применяемых технологиях вода отбивается с нижних слоёв, температура которых на 15-20 градусов ниже, что увеличивает вегетационный период и в конечном счёте существенно снижает урожайность. На это устройство было получено авторское свидетельство. Гияс Якубович был не только высокопродуктивным и инновационным ученым, но и настоящим исследователем человек просвещения в своих широких интересах и начинаниях, в основном в истории и культуре своего народа и истории науки. Он был особенно очарован историей математики и астрономии, поскольку они были тесно связаны с историей его народа. Центральная Азия подарила человечеству многих всемирно известных ученых: математиков и астрономов Аль-Беруни, Аль Хоразми, Улугбека, эрудита Абу Али Сина (Авиценна) и других. Его интерес к работе Беруни был в первую очередь вызван маловероятным объектом: домашнее сюзане, старинный текстиль с ручной вышивкой, который передавался в узбекских семьях из поколения в поколение. Сюзане вышиваются молодыми невестами и показывают диски солнца, планет и луны; они называются «фалак», что означает «небо». В частности, у сюзане из семейной реликвии Умарова был орнамент с большим солнцем в центре и вокруг него несколько дисков меньшего размера со спиральными узорами, расположенными на «орбитах». Легенда гласит, что первое! «солнце и луна» Сюзане было сделано невестой одного из учеников Беруни; невеста увидела схему солнечной системы в кабинете своего возлюбленного и использовала рисунок в своей вышивке с солнцем в центре и вращением планет, которое было представлено спиралями. Это заставило Гияса Якубовича перечитать произведения Беруни и Коперника с точки зрения современной науки.

В 1973 году это стремление завершилось публикацией книги под названием «Беруни, Коперник и современные науки», которая была издана в США в 2001 под названием “At the crossroads of millennia” и посвящена 1000-летию со дня рождения Беруни и 500-летию со дня рождения Николая Коперника.

Большое место в деятельности Г.Я. Умарова занимала педагогическая деятельность ВУЗах Ташкента, воспитании и подготовки высококвалифицированных научных кадров и специалистов. Под его научным руководством защищены 54 докторских и кандидатских диссертаций. Он автор более 4 монографий, 6 научно-популярных книг, опубликовал более 250 научных статей, получено 31 авторских свидетельств. В заслугу Гияса Якубовича входит организация первого гелиополигона в ФТИ АН УзССР в начале 60 годов XX века. Со всего мира и СССР приезжали делегации для ознакомления с гелиотехническими устройствами. Десятки аспирантов Узбекистана, СССР и из-за рубежа на этом полигоне проводили свои исследования по использованию ВИЭ в различных отраслях жизнедеятельности людей. В дальнейшем его ученики организовали аналогичные полигоны в Бухаре (проф. Б. Очилов), в Карши (проф. А. Вардиашвили).

В начале 70 годов по инициативе Г.Я. Умарова был построен первый завод в мире по выпуске Гелиоустановок на территории колонии особого режима МВД в Караул Базаре Бухарской области.

Г.Я. Умаров в последние годы своей жизни активно принимал участие в вопросе

состояния Аральского моря, которое сокращался с 1960 года. Умаров был членом Комитета по восстановлению Аральского моря, внеся стратегический вклад в решение этой проблемы.

Проф. Г.Я. Умаров был членом Научного Совета АН СССР по комплексной проблеме «Изыскание изыскание новых путей использования солнечной энергии», членом Научного Совета ГКНТ СССР по проблеме энергетики, членом бюро Центрального научно-технического общества Министерства энергетики СССР, председателем Проблемного Совета по гелиотехнике АН УзССР, членом специализированного Совета по защите докторских диссертаций при НПО «Солнце» АН ТССР, бессменным заместителем главного редактора.

До своего последнего дня и последнего вдоха он оставался интеллектуально занятым и писал статью о способах поддержания стабильного равновесия плазмы в Токамаке. Он был просто человеком, который мечтал использовать силу плазмы и Солнца для улучшения человечества. Эта мечта об использовании энергии Солнца была сущностью Гияса Умарова и его наследием, которое будет продолжаться его последователями.

Гияс Якубович награждён орденом «Знак Почёта», медалью «За доблестный труд» и множествами Почетных грамот. Анатолий Ершов многие годы дружил и часто беседовал с Г.Я. Умаровым и написал в 1996 г о нём книгу, которая была издана в Москве, а в 2021 году переиздана на узбекском языке в связи со 100 летием со дня рождения Гияса Якубовича Умарова.

Исключительный ученый, инновационный экспериментатор и уважаемый человек будут жить в сердцах и умах своих потомков, друзей, коллег и учеников.

Академик профессор Р.А. Захидов Почётный академик российской Академии космонавтики им К.Э. Циолковского, профессор Г.Г. Умаров.

<b>ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ</b>	
<b>Сулейманов С.Х.</b> Большая солнечная печь и гелиотехнологии: вчера, сегодня, завтра	1
<b>Taek-Soo Kim</b> Rare earth magnet resource issues and reaction technology development trends	5
<b>Bum Sung Kim, Da-Woon Jeong, Muhammad Aneeq Haq, Yoseb Song</b> The surface phase controlled CoCrFeNiTi high entropy alloy powder	7
<b>Bakhratov S.A., Kokhkharov A.M., Makhmanov U.K., Shukurov A., Esanov S.A., Aslonov B.A., Musurmonov K.N., Bekmurodov Z., Sidigaliyev D.</b> Fullerene nanotubes and controlling their geometric dimensions	8
<b>Suklyun Hong</b> Theoretical investigations of electronic structure of 2D materials and their heterostructures	10
<b>Карасёва Т.А., Клозе Э.О.</b> Солнце – уникальный инициатор всех процессов на планете Земля	11
<b>Penyazkov O.</b> Hydrogen energy application in Belarus	13
<b>Jingxiang Low</b> Artificial photosynthesis for carbon dioxide utilization	13
<b>Sapori D., Sanjjeva M., Ivanov V., Zakhidov A., Makarov S.</b> Organic-perovskite non-monolithic 2T-tandem solar cells in parallel connection	15
<b>Оксенгендлер Б.Л., Сулейманов С.Х., Ашууров М.Х., Максимов С.Е., Зацепин А.Ф., Тураева Н.Н., Никифорова Н.Н., Кулагина Н.А.</b> Концепция “Complexity” в радиационной физике и технологии	17
<b>Anvar A. Zakhidov</b> Carbon nanostructures: fullerene, graphene, carbon nanotubes, graphyne	19
<b>СЕКЦИЯ 1. «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»</b>	
<b>Seung-Hwan Lee, Jeungjai Yun, So Hyun Baek, Yongbum Kwon, Yoseb Song, Bum Sung Kim, Yong-Ho Choa, Da-Woon Jeong</b> Integration of a biomimetic transpirational generator and electro dialysis for sustainable desalination: development and performance evaluation of a novel eco-friendly system	20
<b>Ишанкулов А.Ф., Эргашева Д.Р., Халилов Қ.Ф., Галяметдинов Ю.Г., Мухаммадиев Н.К.</b> Синтез и исследование фотокаталитических свойств наночастиц Cds	21
<b>Турсунов М.Н., Сабиров Х., Холов У.Р., Эшматов М.М.</b> Анализ с использованием программы PV syst автономная фотоэлектрическая станция для освещения автомобильной парковки	23
<b>Абдиев У.Б., Абилфайзиев Ш.Н., Саитназаров Б.Ж., Эшкувватов Ҳ.М.</b> Фотоэлектрик батареялар юзасидаги чангланиш даражасини таққослаш	24
<b>Аликулов Р.Б., Турсунов М.Н., Сабиров Х., Пиназаров Б.</b> Янги типдаги кичик кувватли кўчма фотоиссиқлик ва фотоэлектрик қурилмаларнинг энергия самарадорлиги	26
<b>Begimkulova Sh.A., Ivanets.A.I., Ruzimuradov O.N., Nasimov A.M.</b> Modification of LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> with Mg for Li <sup>+</sup> recovery	28
<b>Тукфатуллин О.Ф., Утамуродова Ш.Б., Комолов И.М., Кононеров В.П.</b> Расчёт годовой производительности фотоэлектрической станции НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники	30
<b>Toshpulatov D.T., Tashpulatov X.Sh., Samiyev A.A., Xursandov J.M., Mamatov I.A., Alikulov S.S.</b> Bo‘yoqlarga sezgir quyosh elementi sifatida ishlatiladigan [Fe(byp) <sub>3</sub> ] <sup>2+</sup> kompleksining barqarorlik konstantasini aniqlash	32

<i>Сабиров Х., Ахтамов Т.З., Амангелдиев Н., Усманходжаев А., Макусов С.А., Азимов С.</i> Автономная мобильная фотоэлектрическая станция для обеспечения энергией сельских объектов	33
<i>Takhirov Sh.M.</i> Big solar furnace in Parkent (Uzbekistan): modern technologies for structural integrity monitoring and development of preservation strategies	35
<i>Kuchkanov Sh.K., Abdurakhmanov B.M., Adilov M.M., Maksimov S.E., Makhmudov Sh.A., Ashurov Kh.B.</i> Enhancement of the generation of emf and charge carriers in silicon film p-n-structures after action of neutron irradiation	37
<i>Сомов А.И., Свирков В.Б., Раденко В.В., Долгополов М.В.</i> Инициализация синтеза в квадрупольных магнитных ловушках и сферическая кумуляция ударных магнитных волн	38
<i>Турапова Д.У., Ахмадов Х.С.</i> CFD-анализ солнечной сушилки для фруктов	40
<i>Жураев Э.Т.</i> Экспериментальные исследования по определению теплотехнических характеристик солнечной сушилки с тепловым аккумулятором из ФПМ	43
<i>Жалилов Д.</i> MWCNT асосидаги наносуюқликларнинг барқарорлигига сирт фаол моддалар таъсири	45
<i>Ахатов Ж.С., Ахмадов Х.С.</i> CFD-анализ блока светового проема солнечного термохимического реактора	47
<i>Ахатов Ж.С., Сайфиева Х.Ф., Турдиев Ж.Ш.</i> Анализ процессов теплопередачи и поглощения солнечного излучения при восстановлении диоксида церия для получения водорода	49
<i>Ahmadov Kh.S., Juraboyev N.I.</i> Material selection for receiver tube of solar parabolic through concentrator	53
<i>Juraev T.I., Halimov A.S., Akhatov J.S.</i> Annual performance of solar parabolic trough collector by using MWCNT nanofluids in the Tashkent region	54
<i>Абдуллаев А.А., Абдуллаев Б.А., Касимов Ф.Ш.</i> Формирование приведенного коэффициента суммарных тепловых потерь гелиоустановке через их пленочные светопрозрачные ограждения частично проницаемые для инфракрасного излучения	58
<b>СЕКЦИЯ 2. «КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ»</b>	
<i>Kyoungmook Lim, Seungyeon Park</i> Effect of heat treatment conditions on the magnet properties of M-type strontium ferrites	60
<i>Kyung-Tae Kang</i> A laser ablation study of a rare-earth nanoparticle material	61
<i>Anvalboev A.A., Kurbanov M.Sh., Tulaganov S.A., Panjiev J.A.</i> Synthesis of highly dispersed silica nanoparticles from industrial waste	62
<i>Yashchuk V.A., Khoroshko V.V., Gremenok V.F., Yusupov A.</i> Density and microhardness of $Cu_2ZnGeS_{4x}Se_{4(1-x)}$ solid solutions	64
<i>Abdovokidov D., Razzokov J.</i> Theoretical evaluation of graphene's performance as a biological sensor: insights from quantum chemical calculations	66
<i>Jumayeva M.E., Xoshimov F.H., Xasanov R.Sh., Ibodullayev S.A.</i> Zol-gel usulida kobalt oksidlari nanozarrachalarini sintez qilish	68
<i>Мирзаев Ш.Э., Магдиев Ш.Н., Хурсандов Ж.М., Норбоев Қ.М., Насимов А.М.</i> Спин коплаш усулида $SiO_2/ZnO@BKI$ композит материаллар юпка қатламини ҳосил	69



КИЛИШ	
<b>Мамнишвили Г., Донадзе Г., Чигвинадзе Д.Г., Ашиов С.М., Гуламова Д.Д., Кучканов Ш.К., Рахманов С.Дж., Бобокулов С.Х., Эшонкулов Э.Б.</b> BSCCO сверхпроводники, синтезированные в большой солнечной печи: морфология, фазовый состав, электрофизические свойства	71
<b>Tursunov M.N., Sabirov Kh., Toshpulatov S.F.</b> Monitoring of 70 kW on grid solar station in Termez	73
<b>Hoshimov F., Ibodullaev S., Pecherskaya M., Butanov Kh., Song Yoseb, Bum Sung Kim</b> The effect of voltage on the synthesis of an AAO template for hydrogen catalysts	75
<b>Макаров Н.А., Анисимов В.В., Абдурахимова А.У.</b> Специальные методы подготовки порошков для получения керамики для солнечной энергетики на основе ортооксидов цинка с добавками d-элементов	76
<b>Абдусаидов И.Ж., Гуломжанова С.Г., Рахмонова У.Б., Ашууров Х.Б.</b> Новый метод синтеза углеродных нанотрубок	78
<b>Азизов М.К., Мавлянов А.Ш.</b> Термодатчики на основе кремния с нанокластерами атомов никеля	79
<b>Ахунов Х.Х., Аввалбоев А.А., Зохидов Х.Х., Курбанов М.Ш.</b> Получение композитного материала на основе кремния для анодов литий-ионных аккумуляторов из отходов металлургической промышленности	81
<b>Бойқобилов Д.Б., Жумагулов Ш.Х., Рўзимурадов О.Н.</b> Фторидли электролитларнинг титан диоксиди нанотрубкаси синтезидаги роли	83
<b>Гременок В.Ф., Бускис К.П., Петлицкий А.Н., Петлицкая Т.В., Сулейманов С.Х., Кулагина Н.А., Дыскин В.Г., Джанклич М.У.</b> Микроструктура и оптические свойства магнетронно напыленных плёнок $\text{In}_2\text{S}_3$ в зависимости от условий термического отжига	85
<b>Долгополов М.В., Елисов М.В., Рахманкулов И.Р.</b> Моделирование полупроводниковых гетероструктур для преобразователей энергии и датчиков	86
<b>Гринчук П.С., Акулич А.В., Стёпкин М.О., Третьяк М.С., Чупрасов В.В.</b> Композиционная керамика карбид кремния/ кремний как эффективная тепловая защита с фазовыми превращениями	88
<b>Диденко Е.А., Doroshkevich A.S., Samedovaa U.F., Kirillov A.K., Vasilenko T.A., Oksengendler B.L., Nikiforova N.N., Balasoui M., Mardare D., Mita C., Stanculescu A.</b> Электрические свойства наноструктурированных систем $\text{FeSe-CuInSe}_2$ и $\text{MnSe-CuInSe}_2$ в условиях изменяющейся влажности и освещения	89
<b>Зацепин А.Ф., Кузнецова Ю.А.</b> Тонкие пленки оксида гадолиния, имплантированные ионами висмута, для мультицветной конверсии излучения UV-VIS диапазонов	91
<b>Уразаева Е.М., Ирматова Ш.К., Руми М.Х., Нурматов Ш.Р., Зуфаров М.А., Мансурова Е.П., Зиёваддинов Ж.К.</b> Композиционные огнеупорные материалы с использованием техногенного корундсодержащего сырья на алюмосиликофосфатных связках	93
<b>Разыков Т.М., Кучкаров К.М., Тиванов М.С., Йулдошов Р.Т., Хуррамов Р., Исаков Д.З., Байко Д.С., Пиримметов М.</b> Структурные и оптические свойства тонких пленок $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ , полученных методом ХМПО при различных температурах подложки, для солнечных элементов	94
<b>Кабулов Р.Р., Герасименко С.Ю., Абдурашулов А.З., Шухратова Л.У., Хамидова Н.Р., Ачилов А.С.</b> Особенности световых вольт-амперных характеристик CIGS солнечных элементов при различных мощностях излучения солнечного симулятора	96
<b>Каримов З.И.</b> Радиационная тряска как фактор улучшения свойств неупорядоченных ВТСП-материалов	99
<b>Зикриллаев Н.Ф., Курбанова У.Х., Кушиев Г.А., Уракова Ф.Э., Шоабдурахимова М.М.</b>	100

Исследования кремния с бинарными соединениями кремний-германия	
<i>Нурманов С.Э., Кенжаев А.К., Кадиоров О.Ш.</i> Материалы для водоочистки на основе вторичного сырья промышленности	102
<i>Нурматов Ш.Р., Гулматов С.З., Мирзохидов И.И., Кенжаев Н.Ш., Уринбоев Р.Р., Абдурахимов Ф.Ф., Тожибоев Ж.Б.</i> Исследование процесса пиролиза полиакрилонитрила на солнечной печи	104
<i>Рахимов Р.Х., Рашидов Х.К., Рашидов Ж.Х., Арсланов Ш.С.</i> Получение глинозема из нетрадиционного сырья	105
<i>Рахимов Р.Х., Рашидов Х.К., Рашидов Ж.Х., Эрназаров М.</i> К вопросу расширения сырьевой базы получения РЗЭ в Республике Узбекистан	107
<i>Гуламова Д.Д., Русинов А.В., Фищев В.Н.</i> Свойства композиций титанат алюминия – муллит, полученных различными методами	109
<i>Саидов Р.М., Рахимов Р.Х., Рахимова Ф.М.</i> Исследование влияния наноструктурированной функциональной керамики на сварочно-технологические свойства сварочных электродов	110
<i>Сулейманов С.Х., Дыскин В.Г., Джанклич М.У., Кулагина Н.А.</i> Компьютерное моделирование защитного покрытия для зеркал гелиотехнических устройств	112
<i>Сулейманов С.Х., Дыскин В.Г., Джанклич М.У., Кулагина Н.А.</i> Моделирование антиотражающего градиентного покрытия для прозрачной основы солнечной батареи	114
<i>Хоробрых М.А., Слостенин И.С., Нозимов Ф.Ф.</i> Применение химстойких полимерных композиционных материалов при изготовлении и ремонте объектов химической промышленности	115
<i>Долгополов М.В., Маринов И.И., Отабоев С.К., Раджапов С.А., Чепурнов В.И., Чипура А.С., Шишкин И.А.</i> Обзор моделей идентификации и экстраполяции электрофизических характеристик солнечных элементов и микрогенераторов	117
<i>Сулейманов С.Х., Дыскин В.Г., Джанклич М.У., Амиров Ш.Ё.</i> Анализ оптических свойств многослойного покрытия ZnS/Cu/ZnS, полученного методом термического испарения	119
<i>Данилова-Третьяк С.М., Николаева К.В., Евсеева Л.Е.</i> Теплопроводность и теплостойкость полиэтилена с дисперсными наполнителями	121
<i>Pecherskaya M., Ibodullaev S., Hoshimov F., Butanov Kh., Mamatkulov Sh., Song Yoseb, Bum Sung Kim</i> Optimization of pelletizing and sintering conditions for the fabrication of porous $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ cathode material	122
<i>Butanov Kh., Hoshimov F., Mamatkulov Sh., Ruzimuradov O.</i> Numerical simulation of pressure-driven filling for the fabrication of In-Sn nanowires using nanoporous anodic aluminum oxide	125
<i>Ibodullaev S., Pecherskaya M., Hoshimov F., Butanov Kh., Mamatkulov Sh., Song Yoseb, Bum Sung Kim</i> Investigation of carbon black –based NiO-YSZ composite anode for solid oxide fuel cell	128
<i>Мезенцева Ж.В., Дорошкевич А.С., Оксенгендлер Б.Л., Никифорова Н.Н., Lyubchuk S.B., Lyubchuk A.I., Lyubchuk S.I., Кибардина Е.А., Кириллов А.К., Василенко Т.А., Захарова А.С.</i> Адсорбционная гидроэнергетика на основе нанопорошков YSZ: техника физического эксперимента	130
<b>СЕКЦИЯ 3. «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»</b>	
<i>Nur Sena Yüzbasi, Thomas Graule, Gurdial Blugan</i> Stability assessment of refractories at high temperature corrosive atmosphere as energy storage materials in solar thermal systems	132

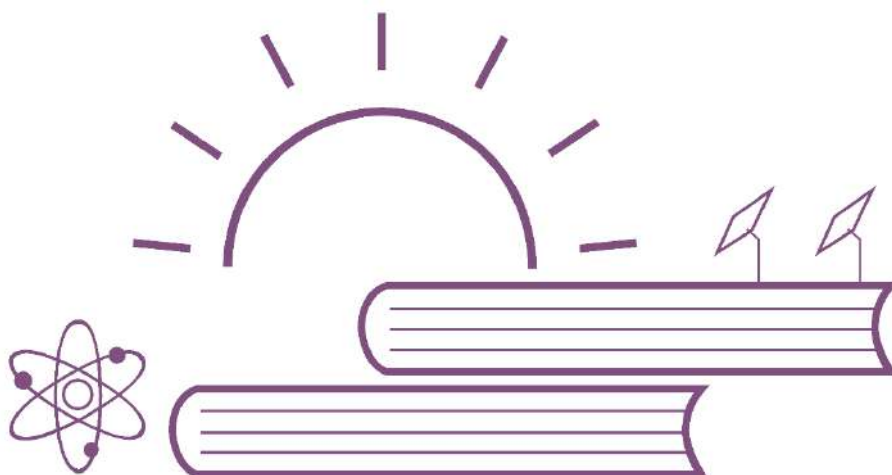
<b>Gurdial Blugan, Dominik Knozowski, Pradeep Vallachira Warriam Sasikumar, Monika Wilamowska-Zawłocka</b> Silicon oxycarbide-tin nanocomposite derived from a UV crosslinked single source preceramic precursor as high-performance anode materials for Li-ion batteries	133
<b>Saidov K., Gurdial Blugan, Ruzimuradov O., Parpiev O.</b> Development of transition metal dichalcogenides for hydrogen evolution reaction	133
<b>Esbergenova A.S., Shaislamov U.A.</b> Morphology dependent photocatalytic activity of the ZnO nanostructures synthesized by mild hydrothermal method	134
<b>Abduraimov S.M., Paizullaxonov M.</b> Proton almashinuvchi yoqilg‘i elementi bipolyar plitalariga qo‘yiladigan asosiy talablar	136
<b>Захидов Р.А., Махаммадиев Ф.М., Таджиев У.А.</b> Возможности эффективного использования гидроресурсов горных рек Пскемского, Угамского, Чаткальского горных систем с использованием геоинформационных технологий	138
<b>Komilov M., Abdugaffarova M., Sobirkhanova E., Musayev Kh.B., Yarbekov A.E., Akramov A.X.</b> Sonochemical synthesis and characteristics of nanomaterials	140
<b>Sultanov K.N., Musaev Kh.B., Yarbekov A.E., Nurmanov S.E.</b> Synthesis of Co doped TiO <sub>2</sub> nanomaterials by sol-gel method	142
<b>Пайзуллаханов М.С., Шерматов Ж.З., Ражаматов О.Т., Янушкевич К.И., Живулько А.М.</b> Исследование перовскитных структур на основе Sr <sub>0.5</sub> Ba <sub>0.5</sub> Co <sub>1-x</sub> Fe <sub>x</sub> O <sub>3-z</sub> , синтезированных на Большой Солнечной Печи	144
<b>Пайзуллаханов М.С., Шерматов Ж.З., Ражаматов О.Т., Эрнazarов Ф.Н., Сулаймонов М.М., Янушкевич К.И., Живулько А.М.</b> Катализаторы на основе кобальтитов железа, синтезированные на большой солнечной печи	146
<b>Ivanets A., Pecheonka D., Prozorovich V., Ruzimuradov O.</b> Study of lithium ion desorption by Li-Mg-Mn and Li-Al-Mn oxides with spinels structure	148
<b>Собиров Ю.Б., Носиров М.У.</b> Методы получения зелёного водорода использованием солнечной энергии	149
<b>Акбаров Р.Ю., Собиров Ю.Б., Холов Ш.Р.</b> Малогабаритный линейно-фокусный солнечный коллектор для отопления теплиц	151
<b>Axadov J.Z., Abduraimov S.M.</b> Molibden va volfram qoplamali yangi funksional gradient materialli elektrodlar asosida vodorod elektrolizeri ishlab chiqishning nazariy asoslari	153
<b>Курбанова У.М., Гусейнова Р.Г., Зейналова А.О., Алиев А.Ш., Курбанов М.А., Тагиев Д.Б.</b> Влияния радиации на электрокаталитическую активность двойных и тройных сплавов на основе никеля	155
<b>Paizullaxonov M.S., Sulaymonov M.M., Ernazarov F.N., Qarshieva N.X.</b> Vodorodni samarali saqlash usullari	156
<b>Marco Cavana, Yakhshilikov J., Abdivakhidova N., Inoyatkhodjaev J., Pierluigi Leone</b> Bulk production of solar hydrogen for multi-purpose use in hard to abate sectors – case studies for Italy and Uzbekistan	158
<b>Утамуродова Ш.Б., Далиев Х.С., Музафарова С.А., Ачилов А.С., Хусанов З.М.</b> Фотоэлектрические характеристики пленочной фоточувствительной структуры pSi/nCdS.	159
<b>Vaxronova S.B., Omonov B.M.</b> Quyosh energiyasidan foydalanib vodorod olish jarayonlarining samaradorligini matematik modellashtirish	160
<b>Онаркулов К.Э., Музафарова С.А., Юлдашев А.А.</b> Получение сильного электрического поля от солнечного тепла и эффектов магнитного поля	162

---

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

---

<b>Онаркулов К.Э., Музафарова С.А., Юлдашев А.А.</b> Получение электрического поля от вторичных источников тепла	164
<b>Онаркулов К.Э., Музафарова С.А., Юлдашев А.А.</b> Получение электрического поля от солнечного света и внешнего магнитного поля.	166
<b>Хасанов А.С., Абдукадыров А.А., Мирзанова З.А., Каримова Ш.К.</b> Физико-химические свойства шлаковых сплавов	168
<b>Zakhidov R.A., Umarov G.G.</b> Academician Giyas Umarov	170



"NEW MATERIALS AND HELIOTECHNOLOGIES"  
ISCNMH-2023

ORGANIZERS:



Partners & Sponsors:

