

БЕЛАЯ КНИГА  
ПО  
НАНО·  
ТЕХНОЛОГИЯМ

УДК 62

ББК 30.6  
Б43

Б43 Белая книга по нанотехнологиям / под ред. З.А.Мансурова,  
М.Т. Габдуллина, М.М. Муратова, М. Нажипкызы, - Алматы, 2018. -  
340с.

ISBN 978-601-04-0429-8  
Т.2.-2018-340с.  
ISBN 978-601-04-3117-1

В 2014 году была впервые опубликована «Белая книга по нанотехнологиям», в которой представлены достижения казахстанских ученых в этом приоритетном направлении. Данная книга Том 2 представляет статьи в данной области в настоящее время.

Книгу можно использовать в качестве учебного пособия для подготовки магистрантов и докторантов PhD естественно-научных факультетов по специальности «Наноматериалы и нанотехнологии», а также как справочное издание.

УДК 62  
ББК 30.6

ISBN 978-601-04-3117-1 (Т.2)  
ISBN 978-601-04-0429-8 (общ.)

© Национальная нанотехнологическая лаборатория  
открытого типа КазНУ им. аль-Фараби, 2018  
© Институт проблем горения, 2018  
© Казахстанско-Британский технический университет,  
2018



Казахский Национальный  
Университет имени  
аль-Фараби  
Web: [www.kaznu.kz](http://www.kaznu.kz)  
E-mail: [rector@kaznu.kz](mailto:rector@kaznu.kz)



Национальная  
нанотехнологическая  
лаборатория открытого  
типа  
Web: [www.nnlot.kz](http://www.nnlot.kz)  
E-mail: [nazym@physics.kz](mailto:nazym@physics.kz)

Или [nnlot@mail.ru](mailto:nnlot@mail.ru)



Институт проблем  
горения  
Web: [www.icp.kz](http://www.icp.kz)  
E-mail: [info@icp.kz](mailto:info@icp.kz)



Казахстанско-Британский  
технический университет  
Web: [www.kbtu.kz](http://www.kbtu.kz)  
E-mail: [info@kbtu.kz](mailto:info@kbtu.kz)

## СОДЕРЖАНИЕ

1	1. НАНОУГЛЕРОДНЫЕ ЧАСТИЦЫ И МАТЕРИАЛЫ МАНСУРОВ З.А.	141
29	2. НАНОТЕХНОЛОГИИ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ГАБДУЛЛИН М.Т., РАМАЗАНОВ Т.С., ОРАЗБАЕВ С.А., АБДУЛЛИН Х.А., БАТРЫШЕВ Д.Г., ИСМАИЛОВ Д.В., ЩУР. Д.В.	144
50	3. ПОЛИМЕРНЫЕ НАНООБЪЕКТЫ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕКТУРОВ Е.А., КУДАЙБЕРГЕНОВ С.Е., ИБРАЕВА Ж.Е.	149
72	4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ОТКРЫТОГО ТИПА В ОБЛАСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ МУРАТОВ М.М.	154
111	5. ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ БУРКИТБАЕВ М.М., МАССАЛИМОВ И.А., УРАЛБЕКОВ Б.М., УРАКАЕВ Ф.Х.	161
115	6. АССОЦИАТЫ И КОМПЛЕКСЫ МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫХ НАНООБЪЕКТОВ БЕКТУРОВ Е.А., КУДАЙБЕРГЕНОВ С.Е.	165
119	7. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР МАНСУРОВ Б.З.	171
123	8. СТРУКТУРА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК КАРБИДА КРЕМНИЯ НА КРЕМНИИ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ БАКРАНОВА Д.И., КУКУШКИН С.А, НУСУЛОВ К.Х., ОСИПОВ А.В., БЕЙСЕНХАНОВ Н.Б., СЕЙТОВ Б.Ж.	175
127	9. ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ ПЛЕНОК SiC, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ СЕЙТОВ Б.Ж., НУСУЛОВ К.Х., БЕЙСЕНХАНОВ Н.Б., БАКРАНОВА Д.И., КЕЙНБАЙ С.	179
130	10. ФОРМИРОВАНИЕ ДИФУЗИОННОГО БАРЬЕРА НА ОСНОВЕ TiNx НУСУЛОВ К.Х., БЕЙСЕНХАНОВ Н.Б., СЕЙТОВ Б.Ж., ДУЛАТУЛЫ Е., БАКРАНОВА Д.И.	182
133	11. СОЗДАНИЕ НОВЫХ ДЕМПИРУЮЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ БЕРКИНБАЕВА А.С.	185
138	12. РАЗРАБОТКА ЛИТЫХ СПЛАВОВ С НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ	
	СУЛЕЕВ Д.К., УТЕПОВ Е.Б., БУРШУКОВА Г.А.	
	13. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ОБРАЗЦОВ ZnO МУКАШ Ж.О, ГРИЦЕНКО Л.В., АБДУЛЛИН Х.А.	
	14. ВАКУУМНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПАНЕЛИ НА ОСНОВЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НУРЛЫБАЕВ Р.Е., СЕЛЯЕВ В.П., ДЖОЛДАСОВ А.А., ОРЫНБЕКОВ Е.С.	
	15. САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ДИБОРИДА МАГНИЯ ДОПИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ ТОЛЕНДИУЛЫ С., ФОМЕНКО С.М.	
	16. СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛЛУХИ АЗАТ С., САРТОВА Ж.Е., КЕРИМКУЛОВА А.Р.	
	17. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ КОНДЕНСАТОРА ДВОЙНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ ПАВЛЕНКО В.В., СУПИЕВА Ж.А., МАНСУРОВ З.А.	
	18. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕМНИЕВЫХ НАНОНИТЕЙ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ САГИДОЛДА Е.	
	19. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ МЕЗОФАЗНЫХ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ПЕКОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА СМАГУЛОВА Г.Т., КАЙДАР Б.Б., АРТЫКБАЕВА М.Т., МАНСУРОВ З.А.	
	20. НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДЫ И ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ СУЛТАНОВ Ф., БАКБОЛАТ Б., ЖУРИНТАЕВА А., ТАЛАС Ж., АЙТКАБЫЛОВА А., ТАСТАНБЕК К.	
	21. DEVELOPMENT OF THE PERSPECTIVE NANOSTRUCTURED METALLIC MATERIALS BY USING SEVERE PLASTIC DEFORMATION MASNEKOVA A.	
	22. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ, ОСАЖДЕННЫХ ИЗ НЕФТЯНЫХ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ ТИЛЕУБЕРДИ Е., ОНГАРБАЕВ Е.К., МАНСУРОВ З.А., СУЛТАНОВ Ф.Р.	
	23. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА	

## СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Азат С. <sup>1,2</sup>, Сартова Ж.Е. <sup>2</sup>, Керимкулова А.Р. <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем горения, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
[Seytikhhan.azat@gmail.com](mailto:Seytikhhan.azat@gmail.com)

Ключевые слова: рисовая шелуха, зола рисовой шелухи, наночастицы SiO<sub>2</sub>.

**Аннотация.** В мире ежегодно образуется почти сто миллионов тонн рисовой шелухи (РШ), который является дешёвым, возобновляемым и с постоянным химическим составом сырьём определенного региона и сорта растения. Минеральных запасов данного сырья в мире много, однако, любые минеральные формы надо добыть (карьерным или иным методом, который разрушает природный ландшафт), доставить на обогатительную фабрику и очистить от примесей.

Из одной тонны рисовой шелухи получают до 160 кг белой золы рисовой шелухи (БЗРШ), которая состоит на 85 % из диоксида кремния. Диоксид кремния, полученный из рисовой шелухи, является высокодисперсным, с очень высокой удельной поверхностью и наноразмерным; его абсорбционные и изоляционные свойства полезны для многих промышленных применений. Кроме социально-экономических выгод применения рисовой шелухи, есть также экологические выгоды применения исходного сырья в производстве диоксида кремния. Применение золы рисовой шелухи в синтезе наночастиц диоксида кремния помогает в поддержании экологической целостности и запасов природных ресурсов.

В данной исследовательской работе была приведена экспериментальная работа по получению наночастиц аморфного диоксида кремния из золы рисовой шелухи с использованием шаговой обработки исходного минерального сырья месторождения Талдыкорган, Алматинская область.

### Предисловие

В настоящее время материалы наноразмерного диоксида кремния получают с использованием нескольких методов, включающих в себя реакции в паровой фазе, методы золь-гель и термического разложения. Тем не менее, их высокая стоимость приготовления ограничивает их широкое применение. И противоположность к данному факту, рисовая шелуха является сельскохозяйственным побочным продуктом, в составе которого главными компонентами являются органические материалы и диоксид кремния с очень

мелким размером частиц и с очень высокой степенью чистоты и величиной удельной поверхности [1].

Основываясь на сведениях из продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, можно отметить, что ежегодно фермеры собирают около 700 миллионов тонн риса в год (объём производства зерновых в мире в 2016 году составил 2577 млн. тонн), и это создает огромное количество отходов рисовой шелухи [2-3]. Рисовая шелуха имеет самое большое содержание золы по сравнению с другими сельскохозяйственными биомассами в диапазоне 10-20% [4]. Значительная его часть сжигается с целью производства электроэнергии. Для каждой 1 МВт-час воспроизводимой электроэнергии требуется 1,5 - 2,0 тонн рисовой шелухи, что дает затраты на 6-9 тенге за 1 кВт-час. Годовой объем производства риса во всем мире позволяет производить около 116 миллионов тонн рисовой шелухи. Из этого следует отметить, что по приблизительным оценкам энергетическая ценность шелухи составляет 13,5 ГДж/т, что дает глобальный энергетический потенциал на 1,57 млрд. ГДж/год [5, 9]. Остальная часть может служить в качестве источника диоксида кремния для различных применений.

В связи с этим с начала 1980-х годов интенсивно исследовались выгодные способы получения диоксида кремния высокой чистоты из золы рисовой шелухи. В свою очередь благодаря высокому содержанию диоксида кремния (87-97% [4]), рисовая шелуха стала исходным источником для производства ряда кремниевых материалов, в том числе карбида кремния, нитрида кремния, тетрагидрида кремния, цеолита и чистого кремния [6, 10].

Полученные наночастицы диоксида кремния могут найти применение в различных высокотехнологических отраслях в соответствии с их многими привлекательными качествами, такими как, превосходные физические, химические и механические свойства [7]. В настоящее время наночастицы диоксида кремния интенсивно применяются как фотонные кристаллы [8, 11-12], химические датчики [13], биодатчики [14], нанонаполнители в композиционных материалах [15-17], основание для квантовых точек [18, 19] и катализаторы [20, 21] и т.д. Таким же образом, диоксид кремния является важным исходным материалом для создания полупроводников и играет важную роль в производстве пластмасс, резин и фотоэлектрических материалов [21].

В данной работе были исследованы основные характеристики золы рисовой шелухи с помощью различных технологий, таких как рентгеновская дифракция (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM). На основании экспериментальных исследований были определены оптимальные условия по получению наноразмерных частиц диоксида кремния с высокой площадью поверхности из золы рисовой шелухи месторождения Талдыкорган, Алматинская область.

Данная исследовательская работа имеет преимущество не только в производстве наночастиц диоксида кремния, но и в снижении проблем утилизации отходов и загрязнения окружающей среды.

### Экспериментальная часть

50 г исходной рисовой шелухи (Талдыкорган, Алматинская область) обработаны 500 мл 2 M HCl (Sigma Aldrich) при 90 °C в течении 2 часов. После этого шелуху многократно промывали дистиллированной водой до pH 7 и отфильтровывали. Вслед за этим, рисовую шелуху сушили при 105 °C (8 часов), а затем кальцинировали при 600 °C в течении 4 часов в муфельной печи для получения белой рисовой шелухи (БРШ). Из 50 г рисовой шелухи вышло около 8,71 г БРШ. В последствии БРШ смешивали с 100 мл 2 M NaOH (Sigma Aldrich) при непрерывном интенсивном перемешивании при 90 °C в течении 2 часов с целью превращения твердого диоксида кремния в водорастворимый силикат натрия. Раствор силиката натрия отфильтровывали для удаления нерастворимых остатков и осаждали в виде нерастворимой кремниевой кислоты с помощью концентрированной HCl (Sigma Aldrich) (30 минут, при непрерывном перемешивании). Конечный продукт промывали горячей водой для удаления побочных продуктов и сушили. Схема превращения рисовой шелухи в диоксид кремния представлена на рисунке 1.

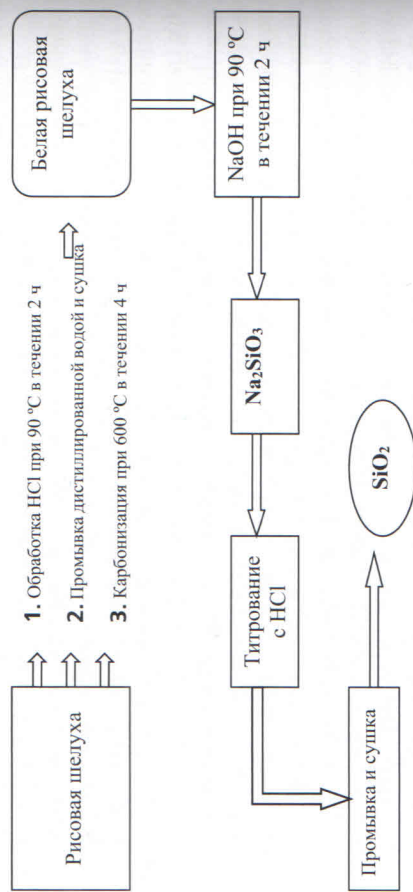
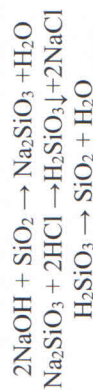


Рисунок 1. Схема производства диоксида кремния из исходной рисовой шелухи

Механизм формирования частиц диоксида кремния из силиката натрия после обработки соляной кислотой описывается в следующих уравнениях:



Взаимодействие соляной кислоты с силикатом натрия способствует формированию силанольных (R<sub>3</sub>Si-OH) групп и их конденсации, что приводит к формированию расширенной трехмерной структуры Si-O-Si связей.

### Результаты и обсуждения

#### Анализ диоксида кремния полученного из золы рисовой шелухи

Рентгеновские дифрактограммы образцов диоксида кремния записывали с помощью порошкового дифрактометра производства Rigaku Corporation (Япония) при скорости сканирования 0,02 2 тета/мин с использованием Cu-Kα излучения и никелевого фильтра, в угловом диапазоне от 10 до 90 из 2-тета (рисунок 2).

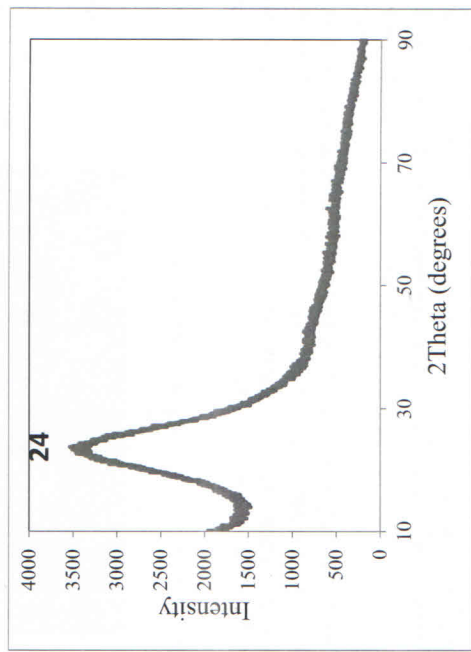


Рисунок 2. Рентгеновский дифракционный спектр SiO<sub>2</sub> полученного из рисовой шелухи

Наблюдаемое широкое гало с максимумом интенсивности при 24,02 θ<sup>0</sup>, соответствует межплоскостному расстоянию в 0,36 нм, что подтверждает аморфную структуру полученного диоксида кремния (рисунок 2). Кроме того, структуру полученного диоксида кремния исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии (Quanta 3D, FEI company, США) в городе Алматы (рисунок 3).



Рисунок 3. СЭМ микрофотография  $\text{SiO}_2$  полученного из ЗРШ

Как видно из приведенной микрофотографии, полученной с помощью сканирующего электронного микроскопа низкого разрешения, исследуемый образец диоксида кремния имеет наноразмерную шероховатость, что является характерной для морфологии наночастиц диоксида кремния, диспергированных в массе (рисунок 3).

#### Заключение

В результате проведенных исследовательских работ была разработана и подтверждена методика преобразования исходной рисовой шелухи и наноразмерный диоксид кремния аморфной структуры. Структура полученного наноразмерного диоксида кремния была подтверждена с помощью полученных данных рентгенофазового дифрактометра (Rigaku Corporation, Япония) и сканирующего электронного микроскопа (Quanta 3D, FEI company, США). Широкие диффузные пики с максимальной интенсивностью при 2 $\theta$  тета на рентгенограммах указывают на аморфную структуру и наноразмерность полученного диоксида кремния.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tzong-Hong Liou. (2004) Preparation and characterization of nanostructured silica from rice husk, *Materials Science and Engineering: A*, 364 (1-2): 313-323. DOI: 10.1016/j.msea.2003.08.045
2. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/rv/>
3. Sreepada Hegde, Vijayalaxmi Hegde. (2013) Assessment of Global Rice Production and Export Opportunity for Economic Development in Ethiopia, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6: 257-260. India Online ISSN: 2319-7064
4. Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., and Bidra S. (2013) Utilization of Rice Husk and Their Ash: A Review, *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 5: 126-129. Online ISSN 2321-1040

5. Zemnuhova L.A., Fedorishheva G.A., Egorov A.G., Sergienko V.I. (2005) Study of conditions obtaining, composition of impurities and properties amorphous silicon dioxide from waste of rice production [Исследование условий получения, состав и свойства аморфного диоксида кремния из отходов производства риса] 78 (2): 324-328. (In Russian)
6. S. Azat., A.V. Korobeinyk, N. Meirbekov., R.B. Kozakevych, R.L.D. Whitby., Z.A. Mansurov. (2016) Nano-SiO<sub>2</sub> from rice husk ash, synthesis and characterization. International Symposium "Physics and chemistry of carbon materials / nanoengineering" International Conference "Nanoenergetic materials and nanotechnology", Almaty, Kazakhstan. P. 28-31.
7. Kenneth J. Klabunde (2001) Nanoscale materials in chemistry. Wiley-Interscience, New York. ISBN: 0-471-22062-0
8. Z.A. Mansurov, J.M. Jandosov, A.R. Kerimkulova, Azat S., A.A. Zhubanova, I.E. Digel, I.S. Savitskaya, N.S. Akimbekov, A.S. Kistaubaeva. (2013) Nanostructured carbon materials for biomedical use, *Eurasian Chemical-technological Journal*, 15: 209-217.
9. Reddy D. V. (2006) Marine Durability Characteristics of Rice Husk Ash-Modified Reinforced Concrete. Fourth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCET'2006), Mayaguez, Puerto Rico, P.2.
10. V.P. Della, I. Kuhn, D. Hotza. (2002) Rice husk ash as an alternate source for active silica production, *Materials Letters*, 57 (4): 818-821. DOI: 10.1016/S0167-577X(02)00879-0
11. Chiappini A., Armellini C., Chiasera A., Ferrari M., Jestin Y., Mattarelli M., Montagna M., Moser E., Conti G. N., Pelli S., Righini G. C., Goncalves M. C., Almeida R. M. (2007) Design of photonic structures by sol-gel-derived silica nanospheres, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 353 (5-7): 674-678. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2006.10.034
12. Pallavidino L., Razo D. S., Geobaldo F., Balestreri A., Bajoni D., Galli M., Andreani L. C., Ricciardi C., Celasco E., Quaglio M., Giorgis F. (2006) Synthesis, characterization and modeling of silicon based opals, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 352 (9-20): 1425-1429. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2005.10.047
13. Wang C. T., Wu C. L., Chen I. C., Huang Y. H. (2005) Humidity sensors based on silica nanoparticle aerogel thin films, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 107 (1): 402-410. DOI: 10.1016/j.snb.2004.10.034
14. Grant S. A., Weilbaecher C., Lichlyter D. (2007) Development of a protease biosensor utilizing silica nanobeads, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 121 (2): 482-489. DOI: 10.1016/j.snb.2006.04.096
15. Wang H., Bai Y., Liu S., Wu J., Wong C. P. (2002) Combined effects of silica filler and its interface in epoxy resin, *Acta Materialia*, 50 (17): 4369-4377. DOI: 10.1016/S1359-6454(02)00275-6
16. Zhang H., Zhang Z., Friedrich K., Eger C. (2006) Property improvements of in situ epoxy nanocomposites with reduced interparticle distance at high

- nanosilica content, Acta Materialia, 54 (7): 1833-1842. DOI: 10.1016/j.actamat.2005.12.009
17. Kwon S. C., Adachi T., Araki W., Yamaji A. (2006) Thermo-viscoelastic properties of silica particulate-reinforced epoxy composites: Considered in terms of the particle packing model, Acta Materialia, 54 (12): 3369-3374. DOI: 10.1016/j.actamat.2006.03.026
18. Jiang L., Wang W., Wu D., Zhan J., Wang Q., Wu Z., Jin R. (2007) Preparation of silver quantum dots embedded water-soluble silica/PAAc hybrid nanoparticles and their bactericidal activity, Materials Chemistry and Physics, 104 (2-3): 230-234. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2007.03.023
19. Lai C. Y., Wu C. W., Radu D. R., Trewyn B. G., Lin V. S. Y. (2007) Reversible binding and fluorescence energy transfer between surface-derivatized CdS nanoparticles and multi-functionalized fluorescent mesoporous silica nanospheres, Studies in Surface Science and Catalysis, 170: 1827-1835. DOI: 10.1016/S0167-2991(07)81066-4
20. Neri G., Rizzo G., Crisafulli C., Luca L. D., Donato A., Musolino M. G., Pietropaolo R. (2005) Isomerization of  $\alpha$ -pinene oxide to campholenic aldehyde over Lewis acids supported on silica and titania nanoparticles, Applied Catalysis A: General, 295 (2): 116-125. DOI: 10.1016/j.apcata.2005.07.027
21. James L. Gole, Clemens Burda, Z.L. Wang, Mark White. (2005) Unusual properties and reactivity at the nanoscale, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 66: 546-550. DOI: 10.1016/j.jpcs.2004.06.047

## СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ КОНДЕНСАТОРА С ДВОЙНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ

\*Павленко В.В., Сутиева Ж.А., Мансуров З.А.

Институт проблем горения, 050012 г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 172

\*E-mail: pavlenko-almaty@mail.ru

### Аннотация

В Институте Проблем Горения разработаны и созданы прототипы импульсных энергонакопительных устройств на основе конденсаторов с двойным электрическим слоем. Разработка относится к области электротехники и может быть использована для создания устройств, аккумулирующих электрическую энергию.

### Предисловие

Перспектива создания мощного и энергоемкого прототипа коммерческого суперконденсатора модуля имеет большое практическое значение. Подобные устройства являются весьма востребованными в автомобилестроении, в области производства, хранения и преобразования электроэнергии, в которых необходимы мощные импульсные источники электрической энергии, а также промежуточные энергонакопительные системы. Мировой рынок производства инновационных электротехнических устройств на основе электрохимических конденсаторов насчитывает десятки миллиардов долларов США ежегодно. Промышленное внедрение суперконденсаторных модулей в Республике Казахстан способно обеспечить улучшение экологической ситуации за счет снижения выбросов парниковых газов, выделяемых транспортом, а также улучшить энергоэффективность производства и потребления электроэнергии за счет снижения пиковых нагрузок на электроподстанциях [1].

### Экспериментальные результаты

Из анализа результатов исследований эксплуатационных характеристик экспериментальных образцов электродных материалов, следует, что производство конденсаторов с двойным электрическим слоем на основе активированных углей, полученных из рисовой шелухи, имеет большую практическую и коммерческую ценность. Электродные материалы имеют большую удельную поверхность (более 1000 м<sup>2</sup>/г), а конденсаторы с двойным электрическим слоем на их основе характеризуются относительно высокими значениями удельной электрической емкости (более 100 Ф/г), мощностью и плотностью энергии.

На рисунке 1 представлены результаты цикловольтамперометрических исследований с использованием электродных материалов, полученных на основе рисовой шелухи и скорлупы грецкого ореха. Двух электродные тестовые ячейки суперконденсатора испытывались в составе различных электролитов, в том числе серной кислоты, сульфата лития, гидроксида калия, а также ионной