

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.И.САТПАЕВА
KAZAKH NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER K. SATPAEV**

**«Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын таратуда жас ғалымдардың орны мен рөлі»
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ**

ЕҢБЕКТЕРІ

II Том

ТРУДЫ

МЕЖДУНАРОДНЫХ САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

«Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана»

Том II

PROCEEDINGS

INTERNATIONAL SATPAYEV'S READINGS

«Role and position of young scientists in implementation Kazakhstan's New Economic Policy»

II volume

Алматы 2016 Almaty

Выводы: в ходе обработки методики магнетронного распыления были получены пленки оксида цинка, исследованы электрические свойства, спектры оптического поглощения и фотолюминесценции пленок ZnO в зависимости также от режимов отжига и обработок в плазме. Получены пленки ZnO толщиной около 1 мкм, с коэффициентом пропускания около 80% в видимом диапазоне, с концентрацией носителей $3 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$, подвижностью $5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, удельным сопротивлением $4.2 \times 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$, с поверхностным сопротивлением $\sim 40 \text{ Ом}$ на квадрат.

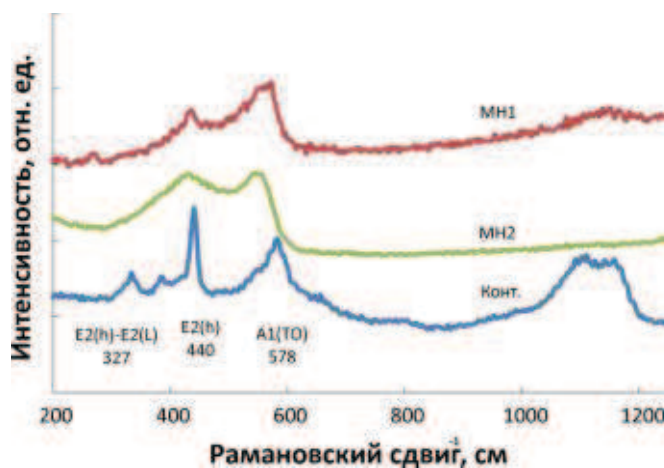


Рис. 6. Спектры рамановского рассеяния двух образцов ZnO, полученных магнетронным распылением (MH1 и MH2) мишени ZnO, и спектр контрольного образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andreas Stadler. Transparent Conducting Oxides - An Up-To-Date Overview//Materials.-2012. –Vol. 5. –P. 661-683. doi:10.3390/ma5040661.
2. Elvira Fortunato, Pedro Barquinha, R. Martins. //Adv Mater. -2012. –Vol.24(22). –P.2945-86.
3. Chang-Ho Choi, Liang-Yu Lin, Chun-Cheng Cheng, and Chih-hung Chang. //ECS Journal of Solid State Science and Technology. -2015. –Vol. 4(4). –P. 3044-3051.
4. Luting Yan, Ashraf Uddin and Haiwei Wang. ZnO Tetrapods: //Nanomater Nanotechnol. -2015. –Vol. 5(19). –P. 1-14. doi: 10.5772/60939.
5. Rajesh Kumar, O. Al-Dossary, GirishKumar, Ahmad Umar. //Nano-Micro Letters. -2015. –Vol.7(2). –P. 97-120.
6. Dimitrios Afouxenidis, Riccardo Mazzocco, Georgios Vourlias, Peter J. Livesley, Anthony Krier, William I. Milne, Oleg Kolosov, and George Adamopoulos. //ACS Appl. Mater. Interfaces, -2015. –Vol. 7(13). –P. 7334–7341.
7. Arafat M. M., Dinan B., Akbar Sh. A., Haseeb A. S. M. A. //Sensors. -2012. –Vol.12. –P.7207-7258. doi:10.3390/s120607207.
8. Wacławek E. R., Jin Chang, Ponzoni A., Concina I., Zappa D., Comini E., Motta N., Faglia G. //Beilstein J. Nanotechnol. -2012. –Vol. 3. –P.368–377.

M. T. Gabdullin¹, A. P. Ilyin², D. V. Ismailov¹, Zh. K. Kalkozova¹, R. Kanat¹, Kh. A. Abdullin¹
Technology of zno thin films for wide range of applications

M. T. Габдуллин¹, Ильин А. П.², Д. В. Исмаилов¹, Ж. К. Калкозова¹,
 Канат Р¹, Х. А. Абдуллин¹.

Ауқымды пайдалануға zno жұқа қабықшаларын өндіру технологиясы

УДК 537.523.527

Габдуллин М.Т.¹, Щур Д.В.², Исмаилов Д.В.¹, Смакова З.¹, Батрышев Д.Г.³, Керимбеков Д.С.³,
 Амирханова К.⁴, Сарбай С.А.⁴, Ли С.Л.⁴, Абдуллин Х.А.¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
 Казахстан, г. Алматы.

²Институт проблем материаловедения имени И. Н. Францевича, г. Киев, Украина,

³Лаборатория инженерного профиля при КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы.

⁴Физико-технический факультет, Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы,
 Казахстан

daurenks@bk.ru

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ФУЛЛЕРЕНОВ

Аннотация. Собрана технологическая установка для синтеза фуллереновой сажи методом электродугового разложения графита. Проведены испытания установки для получения фуллереновой сажи,

осуществлен анализ полученной фуллереновой сажи и депозита на сканирующем электронном микроскопе и рамановском спектрометре для оценки морфологии поверхности, химического и фазового состава полученных структур. На основе полученных данных рассмотрен механизм роста фуллеренов и их производных.

Ключевые слова. Фуллерен, графит, фуллереновая сажа, рамановский спектрометр

До недавнего времени было известно, что углерод образует три аллотропных формы: – алмаз, графит и карбин. В настоящее время известна четвертая аллотропная форма углерода, так называемый фуллерен. Фуллерены - сферические полые кластеры углерода с числом атомов $n=30-120$. Известны получаемые в достаточно больших количествах C_{60}, C_{70}, C_{76} и другие. Наиболее устойчивую форму имеет C_{60} , сферическая полая структура которого состоит из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников. По данным рентгеноструктурного анализа средний диаметр сферы 0.714 нм [1,2]. Связь в фуллерене между атомами углерода более сильная, чем связь с внешними атомами, поэтому фуллерены образуют твердое тело при конденсации с сохранением своей внутренней структуры (фуллерит) с плотностью 1.65 гр/см³. Перспективы применения фуллеренов обусловлены спецификой их физико-химических характеристик. Их добавки способны существенно изменить свойства модифицированного материала[3].

На сегодняшний момент фуллерены могут быть синтезированы целым рядом методов. Примененный в настоящей работе метод основан на электродуговом разложении графита, и является наиболее эффективным способом на сегодняшний день для получения фуллеренов. В Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа была разработана установка для синтеза фуллеренов на основе плазмохимического метода распыления графита в плазме дугового разряда. Общий вид установки синтеза фуллеренов приведен на рис.1.

В электродуговом методе синтез фуллеренов происходит в результате воздействия на графитовый материал плазменного шнура, который образуется в виде дугового разряда между двумя соприкасающимися графитовыми стержнями. При этом происходит быстрый разогрев материала в области соприкосновения стержней, и в промежутке между стержнями образуется углеродный пар из атомов, молекул и небольших кластеров углерода. Далее в результате химических реакции при последовательном соединении углеродных атомов, колец и цепей могут образоваться наиболее энергетически устойчивые наноструктуры, такие, как фуллерены. Теоретические варианты механизма роста фуллеренов, предполагают, что процесс идет через присоединение частиц из двух или трех атомов углерода. Другим вариантом является формирование фуллеренов путем слипания возбужденных кластеров с дальнейшим разложением на два осколка разной массой.



Рис. 1. Общий вид установки синтеза фуллеренов

Установка включает в себя следующие элементы: рабочая камера с водяной рубашкой для охлаждения, система откачки воздуха и закачки инертного газа, источник переменного напряжения для образования плазмы дугового разряда, датчики давления и контроля параметров плазмы (амперметр, вольтметр), реечная передача для подвижного электрода, преобразующая вращательное движение шестерни пьезоэлементного двигателя с помощью источника постоянного тока в поступательное движение рейки подвижного электрода, анод (расходуемый электрод) и катод (не расходуемый электрод) изготовлены из графита. Сила тока, протекающего между электродами,

может достигать значения 300 А в зависимости от расстояния между электродами и толщины электродов, а температура плазмы дуги 5000–50000 К, поэтому электроды и корпус камеры охлаждаются водяным потоком.

Продуктами синтеза являются – фуллерен, эндофуллерен, углеродные нанотрубки, графитовые плоскости и т.п. В процессе синтеза, углеродный пар в плазменном состоянии, имеющий температуру около 12 000 К, вырывается из области дуги (межэлектродного пространства) со скоростью ~ 20-25 м/с и достигает стенки реактора за 0.003 секунды, охлаждаясь до комнатной температуры. В ходе этой закалки протекает ряд реакций, механизмы которых зависят от многих факторов.

В качестве продуктов реакции были получены фуллереновая сажа, осажденная на стенках реактора и депозит, образованный на катодном электроде. Из полученных данных следует, что в состав сажи входят фуллерены и другие наноструктуры. Эти наноструктуры имеют различные геометрические формы и строение.

Проведен анализ фуллереновой сажи и поперечного среза депозита. Полученные образцы кристаллов фуллеритов после фильтрации и выпаривания бензола были исследованы на сканирующем электронном SEM Quanta 3D 200i и зондовом микроскопе Ntegra Spectra для оценки морфологии поверхности, химического и фазового состава полученных структур. На основе полученных данных рассмотрен механизм роста фуллеренов и их производных наноструктур, таких, как многостенные углеродные нанотрубки, графеновые плоскости и кольца.

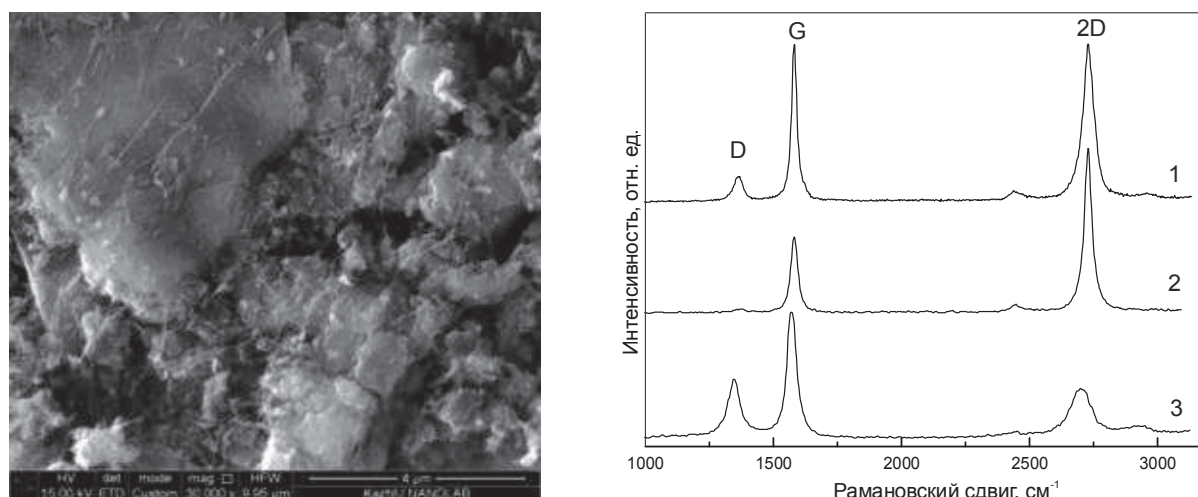


Рис. 2. Слева снимок сделанный СЭМ, справа рамановский спектр гладкой области депозита.

Микроскопический анализ образца фуллереновой сажи, изображенного на рисунке 2 слева, свидетельствует о присутствии фуллеренов и других наноструктур. Как видно из рисунка 2 справа, отношение $I(G)/I(D)$ для спектра 3 равно ~2, поэтому длина области когерентного рассеяния ~ 9 нм. Наружные участки депозита демонстрируют гораздо более низкое кристаллическое совершенство, чем внутренние области, растущие при более высоких температурах.

На текущей стадии исследований проводится отработка технологического процесса с целью достижения максимального выхода фуллеренов, а также отрабатываются операции выделения фуллеренов из фуллереновой сажи, их отчистки для дальнейшего практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alexey A. Popov, Shangfeng Yang, Lothar Dunsch, Endohedral Fullerenes // Chem. Rev. – 2013. – Vol. 113. – P. 5989–6113.
2. Andreas Rüegg, SinisaCoh, Joel E. Moore, Corner states of topological fullerenes // Phys. Rev. B. – 2013. – Vol. 88. – P. 155127.
3. BaoxingXu, Xi Chen. Electrical-Driven Transport of Endohedral Fullerene Encapsulating a Single Water Molecule // Phys. Rev. Lett. – 2013. – Vol. 110. – P. 156103.

M.T. Gabdullin¹, Schur D.V.², D.V. Ismailov¹, Z. Smakova¹, **D.G. Batryshev³**, **D.S. Kerimbekov³**,
K.M. Amirkhanova⁴, S.A. Sarbay⁴, S.L. Li⁴, Kh.A. Abdullin¹
Technology synthesis of fullerenes

M.T. Габдуллин¹, Д.В. Щур², Д.В. Исмаилов¹, З. Смакова¹, Д.Г. Батрышев³, **Д.С. Керимбеков³**,
К. Амирханова⁴, С.А. Сарбай⁴, Ли С.Л.⁴, Х.А. Абдуллин¹
Фуллерендерді синтездеу технологиясы