

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ  
ОТКРЫТОГО ТИПА  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

---

Сборник трудов  
V международной научной конференции  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ  
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,  
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**  
(Сарсембиновские чтения)  
17-18 мая 2018



Алматы 2018

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ

---

Физико-технический факультет  
Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа (ННЛОТ)  
Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической  
физики (НИИЭТФ)

Сборник трудов

V Международной научной конференции

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ, НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

(Сарсембиновские чтения)

*Алматы, 17-18 мая 2018 года*

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИМЕСЬЮ СЕРЕБРА

К.Н. Турманова, Ж.К. Толепов, А.С. Жакыпов, О.Ю. Приходько,  
Г.А. Исмаилова, С.Я. Максимова

*НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

Полупроводниковые тонкие пленки халькогенидных полупроводников (ХП) системы Ge-Sb-Te интенсивно исследуются в последнее время. Это связано с их успешным применением в устройствах фазовой памяти (ФП, Phase Change Memory или PCM), в частности, в оптических дисках различных форматов, например, DVD-RW, Blu-Ray, а также с перспективами создания на их основе нового поколения ячеек энергонезависимой памяти произвольного доступа типа PC-RAM (Phase Change Random Access Memory) [1-8]. Работа подобного рода устройств основана на сверхбыстрых обратимых фазовых переходах структуры ХП из аморфного в кристаллическое состояние под действием внешних низкоэнергетических воздействий света или электрического импульса. Улучшение характеристик материалов с ФП, обеспечивающих максимальную скорость циклов записи и перезаписи информации и наименьшие затраты энергии представляет собой важную научную и практическую задачу [9,10].

Аморфные пленки ХП наиболее часто получают разными методами термического испарения в вакууме. Однако метод ионно-плазменного высокочастотного распыления (ВЧ-распыление) позволяет получать пленки ХП сложного состава с аморфной структурой и соотношением компонентов, наиболее близким к их соотношению в распыляемой мишени. Кроме того, метод ВЧ-распыления комбинированной мишени, состоящей из ХП и металла (ВЧ-сораспыление), позволяет целенаправленно модифицировать пленки ХП примесями металлов разной химической природы [11].

В данном докладе приводится технология получения наноразмерных пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , модифицированных серебром методом ВЧ-сораспыления, и изучения их оптических свойств в аморфном и кристаллическом состоянии.

Пленки состава  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , модифицированные серебром ( $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5\langle\text{Ag}\rangle$ ), получались методом ионно-плазменного высокочастотного (13,56 МГц) магнетронного распыления комбинированной мишени, состоящей из  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  и Ag, в атмосфере аргона при давлении  $\sim 1$  Па. Мишени из Ag равномерно размещались на поверхности мишени из  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  в зоне распыления. При этом использовались монолитная поликристаллическая мишень состава  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  с химической чистотой 99,999% фирмы AciAlloys (USA), магнетрон AngstromScience-50 (USA) и ВЧ генератор RFMN-300 (USA). Чистота используемого Ag была не хуже 99,999%. Мощность ВЧ разряда подбирались таким образом, чтобы получались пленки  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  с аморфной структурой. В качестве подложек, в зависимости от изучаемых свойств, использовались кварц и монокристаллический кремний.

Толщина пленок определялась на СЭМ Quanta 3D 200i при сканировании электронным пучком сканера структуры c-Si/пленка  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5\langle\text{Ag}\rangle$  и составляла от  $\sim 50$  до 200 нм. Состав пленок и их морфология контролировались методом энерго-дисперсионного анализа (EDX) на СЭМ Quanta 3D 200i. Концентрация примеси серебра в пленках достигала 12,3 ат. %.

На рисунках 1 - 3 в качестве примера приведены энерго-дисперсионные спектры, состав и морфология пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  и  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5\langle\text{Ag}\rangle$ . Было установлено, что исследуемые пленки  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  не содержат неконтролируемых примесей и максимальное отклонение компонент от формульного соотношения не превышает 5 ат.%. Из результатов EDX и СЭМ было установлено, что пленки  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5\langle\text{Ag}\rangle$  также не содержат посторонних примесей, являются сплошными, однородными, и в них не наблюдаются дефекты микронных размеров.

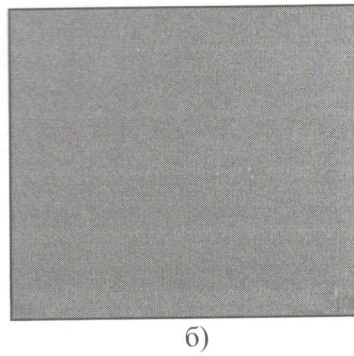
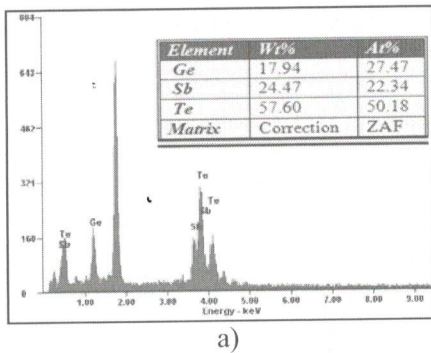


Рисунок 1 – Типичный энерго-дисперсионный спектр характеристического излучения (а), химический состав и микрофотография (б) пленки  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$

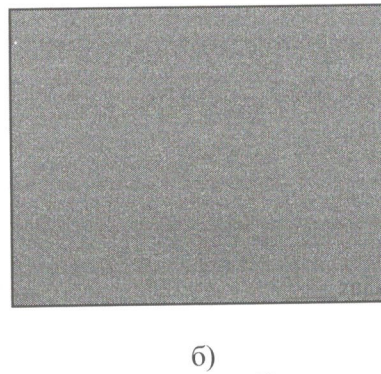
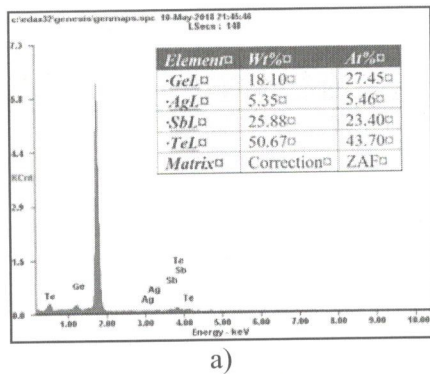


Рисунок 2 – Энерго-дисперсионный спектр, состав (а) и морфология (б) пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5 < 5,46 \text{ ат.} \% \text{ Ag} >$

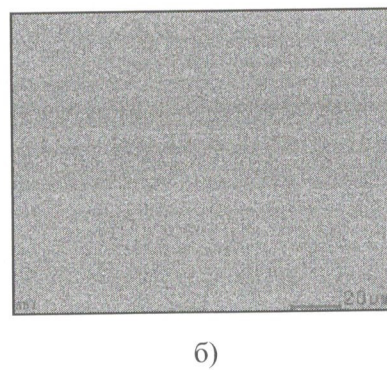
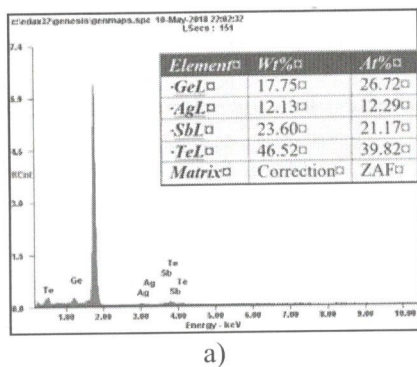


Рисунок 3 – Энерго-дисперсионный спектр, состав (а) и морфология (б) пленок  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5 < 12,29 \text{ ат.} \% \text{ Ag} >$

Исходя из данных элементного анализа можно заключить, что атомы Ag в матрице пленки  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  замещают атомы Te.

#### Список литературы

1. Kolobov A.V., Fons P., Tominaga J.A. Thermal amorphization of crystallized chalcogenide glasses and phase-change alloys // Phys. Status Solidi B.-2014.-Vol 251.-P. 1297-1308.
2. Sangeetha B.G., Joseph C.M., Suresh K. Preparation and characterization of  $\text{Ge}_1\text{Sb}_2\text{Te}_4$  thin films for phase change memory applications // Microelectronic Engineering. -2014.-Vol.127.- P. 77-80.
3. Yueqin Zh., Zhonghua Zh., Sannian S., Huaqing X., Zhitang S., Xiaoyun L., Lanlan Sh., Le L., Liangcai W., Bo L. W. doped GST materials for high speed phase change memory applications // MRS Bulletin. -2015. -Vol. 64.-P. 333-336.
4. Borisenko K., Shanmugam J., Williams B., Ewart P., Gholipour B., Daniel W., Hussain H., Javorfi T., Siligeti G., Kirkland A. Photo-induced optical activity in phase-change memory materials//Nature. -2015.- DOI: 10.1038/srep08770.
5. Golovchak R., Choi Y., Kozyukhin S., Chigirinsky Yu., Kovalskiy A., Xiong-Skiba P., Trimble J., Pafchek R. Oxygen incorporation into GST phase-change memory matrix// Applied Surface Science. - 2015. -Vol.332. -P.533-544.

6. Jucheol P., Jun S. B. Effect of Ti diffusion on the microstructure of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> in phase-change memory cell // *Microscopy*. -Tokyo, 2015. -doi: 10.1093/jmicro/dfv039.
7. Carlos R., Stegmaier M., Hosseini P., Wang D., Scherer T., Wright D., Bhaskaran H., Pernice W. Integrated all-photonics non-volatile multi-level memory // *Nature Photonics*. - 2015.- DOI: 10.1038/nphoton.2015.182.
8. Simone R., Feng X., Matthias W., Eric P. Phase change materials and phase change memory // *MRS Bulletin*. - 2014.- Vol.39.- P. 703-710.
9. Raty J., Zhang W., Luckas J., Chen Ch., Mazzarello R., Bichara Ch., Wuttig M. Aging mechanisms in amorphous phase-change materials // *Nat. Communications*. -2015. –Vol. 6, -P. 7467-71. doi: 10.1038/ncomms8467.
10. Bogoslovskiy N. A., Tsendin K. D. Physics of switching and memory effects in chalcogenide glassy semiconductors // *Semiconductors*. -2012. –Vol. 46. –P.559-590.
11. Сарсембинов Ш.Ш., Приходько О.Ю., Мальтекбасов М.Ж., Рягузов А.П., Максимова С.Я. Структурная и примесная модификация электронных свойств халькогенидных стеклообразных полупроводников. – Алматы: Казак Университеті (ISDN 978-601-04-1645-1), 2015. –240 с.

*Исследования проведены по программе гранта AP05133499 КН МОН РК*

## КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІМЕН ЛЕГІРЛЕНГЕН ЖҰҚА ТiO<sub>2</sub> ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

Әбдісадықова К.Н., Жорахан Ж., Сыдықова Д.М.

*Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті (Алматы қ., Қазақстан)*

Соңғы жылдары сенсорлық, адсорбциялық, оптикалық, электрлік және каталитикалық қасиеттерге ие титан диоксиді (TiO<sub>2</sub>) қабықшалары зерттеушілердің назарын аударатын негізгі объектілері болып тұр [1].

Кеңістіктік жартылай өткізгіш болып табылатын наноөлшемді титан диоксиді электроникада және электронды оптикада спектрдің көрінетін аймағындағы мөлдірлік пен жоғары сыну көрсеткішіне ие [2].

Жер бетінің жақсартудың бір жолы фотокаталитикалық және оптикалық тиімділігі бар TiO<sub>2</sub> қасиеттері гетерофаз құрылымдарын құру болып табылады. Оның негізінде нанокристалды күміс бөлшектерінің фотосенсибилизациясы болуы мүмкін.

Атап айтқанда, күміс нанобөлшектерімен легірілген жұқа TiO<sub>2</sub> қабықшаларын мөлдір контакт ретінде күн элементтерін жасау үшін қолданады [3].

TiO<sub>2</sub>-Ag қабықшасын пайдалану күн элементтерінің пайдалы әсер коэффициентін ұлғайтып қана қоймай, сонымен қатар қабықша қалыңдығы мен талдау параметрлері дұрыс жинақталса, сапалы қабықша ретінде жұмыс атқаруға мүмкіндік береді. Жұқа TiO<sub>2</sub>-Ag қабықшалары жоғары өткізгіштікке ие ( $> 10^3 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ). Жұқа титан диоксиді қабықшасын синтездеу үшін золь-гель әдісі қолданылды. Прекурсор ретінде тетраизопропилат титанды пайдаланады. Қабықша синтезіне арналған бастапқы ерітінді изопропилдік спирттегі тетраизопропилат титанның бөліну жолымен дайындалды.

Тетраизопропилат титанның концентрациясы  $\sim 0,1$  моль/л құрайды. Әрі қарай ерітіндіге изопропил спиртті ортада синтезделген күміс золі қосылды [4]. Нанобөлшектердің орташа гидродинамикалық радиусы 2 нм құрады. 20 мл ерітіндіге титан құрамды прекурсор ішіне 1, 2, 5, 7 және 10 мл Ag золі қосылды.

Ерітіндідегі күміс концентрациясы 0.008-ден 0,08 моль/л дейін құрады. Сондай-ақ, эталондық үлгіден синтезделген, құрамында күміс жоқ басқа бір үлгі дайындалып, екі үлгі салыстырылды.

Бастапқы ерітіндідегі күміс концентрациясына байланысты алынған қабықшаның қалыңдығы 39-дан (таза титан диоксиді үшін) 207 нм-ге дейін өседі. Бұл процесс төсеніш бетіндегі тетраизопропилат титанның ауада кристалдануына байланысты орын алады. Күміс нанобөлшектерін енгізудегі ең маңызды фактор оның концентрациясы болып табылады. Себебі титан диоксиді қабықшасының қалыңдығына әсері мен кристалдану процесінің негізгі центрі болуында.

Титан диоксиді қабықшаларының өлшенген сыну көрсеткіші 1,779-дан 1,619-ға дейінгі интервал аралығында өзгереді. Бұл дегеніміз күміс нанобөлшектердің концентрациясының көбеюі TiO<sub>2</sub> қабықшасының сыну көрсеткішін төмендетеді, және осыған сәйкес, оптикалық тығыздығы азаяды. Әдеби мәліметтерге сәйкес, металл-диэлектриктің плазмалық резонансы үшін диэлектрик

### Список литературы

1. Wenbo Hou, Prathamesh Pavaskar, Zuwei Liu, Jesse Theiss, Mehmet Aykol and Stephen B. Cronin. Plasmon resonant enhancement of dye sensitized solar cells // Energy Environ. Sci. –2011. –Vol.4. –P.4650–4655.
2. Atwater H.A.; Polman A. Plasmonics for improved photovoltaic devices // Nature Materials. 2010. –Vol.9. DOI:205. doi:10.1038/nmat2629.
3. Jeffrey N. Anker, W. Paige Hall, Olga Lyandres, Nilam C. Shah, Jing Zhao and Richard P. Van Duyne. Biosensing with plasmonic nanosensors // Nature Materials. 2008. –Vol.7.
4. Prashant K. Jain, Xiaohua Huang, Ivan H. El-Sayed, And Mostafa A. El-Sayed. Noble Metals on the Nanoscale: Optical and Photothermal Properties and Some Applications in Imaging, Sensing, Biology, and Medicine // Accounts Of Chemical Research. –2008. –Vol.41(12). –P.1578-1586.
5. Jiongxin Lu and C. P. Wong. Recent Advances in High-k Nanocomposite Materials for Embedded Capacitor Applications // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. –2008. –Vol. 15. Art.No.5.
6. Oleg Yu. Prikhodko, Svetlana L. Mikhailova, Ershan C. Muhametkarimov, Suyumbika Ya. Maksimova, Nurlan K. Manabaev, Kuanysht Dauthan. Optical properties of a-C:H thin films modified by Ti and Ag //Proc. of SPIE. Nanostructured Thin Films IX. San-Diego, California, USA. -2016. -Vol. 9929. -P. 99291G-1 – 9929G-6.
7. Venkata Sai Kiran Chakravadhanula etc. Microstructural and plasmonic modifications in Ag-TiO<sub>2</sub> and Au-TiO<sub>2</sub> nanocomposites through ion beam irradiation // Beilstein J. Nanotechnol. 2014, 5, 1419–1431

*Работа выполнена в рамках гранта Комитета Науки МОН РК – ИРН проекта AP05132897.*

## СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК GST225, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОМ

Ж.К. Толепов, К.Н. Турманова, А.С. Жакыпов, Г.А. Исмаилова,  
Г. Наурызбайкызы, О.Ю. Приходько

*НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

Уникальной особенностью структуры халькогенидных полупроводников системы Ge-Sb-Te (GST) является возможность реализации обратимого фазового перехода из аморфного в поликристаллическое состояние под воздействиями импульсов напряжения или света. Этот эффект позволил создать на основе тонких пленок этих материалов оптические носители информации такие как DVD, Blu-Ray и ячейки энергонезависимой фазовой памяти Phase Change Memory Cells (PCRAM). Из всего многообразия составов системы Ge-Sb-Te наиболее перспективным является состав Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> (GST225).

Одним из подходов улучшения параметров записи информации на пленках GST является модификация изовалентной примесью металла. Анализ показывает, что перспективными химическими элементами, отвечающими указанному критерию, являются такие металлы как висмут, индий и олово. В данном докладе приводятся результаты исследований по влиянию примеси Bi на локальную структуру, электрические и оптические свойства наноразмерных пленок GST225. Пленки GST225<Bi> получали методом ионно-плазменного высокочастотного (13,56 МГц) магнетронного распыления комбинированной мишени из монолитного GST225 и Bi в атмосфере аргона (ВЧ-пленки). Толщину пленок определяли на СЭМ Quanta 3D 200i при сканировании электронным пучком скомпонованной структуры c-Si/пленка GST225<Bi>. Она составляла от 50 до 150 нм. Состав пленок и их морфологию контролировали методом энерго-дисперсионного анализа (EDX). Концентрация примеси висмута в пленках составляла 2,6; 7,3; 9,4 и 16,5 ат. %.

С использованием метода Рамановской спектроскопии проведены исследования по влиянию примеси Bi на структуру ВЧ-пленок. Спектры регистрировали на спектрометре Solver Spectral 600/600 в режиме отражения на 180° с использованием He-Ne лазера с  $\lambda = 633$  нм. Анализ спектров ВЧ-пленок GST225 без примеси при лазерном облучении показывает, что их структура переходит из аморфного в поликристаллическое состояние с гексагональной структурой через промежуточное кристаллическое состояние с кубической структурой, что характерно для пленок состава GST. Также же изменение структуры при лазерном воздействии было характерно и для ВЧ-пленок GST225<Bi> при концентрации Bi, меньшей чем 2,6 ат.%. Из рамановских спектров ВЧ-пленок GST225<Bi> с концентрацией висмута равной 7,3 ат. % и с большей концентрацией следует, что при лазерном облучении их структура переходит из аморфного состояния в стабильное кристаллическое состояние с гексагональной структурой без промежуточного кристаллического состояния с кубической структурой.

Установлено, что при фиксированной толщине ВЧ-пленок GST225 их модифицирование примесью Bi приводит к существенному возрастанию проводимости  $\sigma_k$  и снижению ее энергии

активации  $E_g$ . При фиксированной концентрации примеси Bi в пленках GST225<Bi> при уменьшении их толщины наблюдаются обратные зависимости.

Оптическая ширина запрещенной зоны  $E_g$  ВЧ-пленок GST225<Bi> существенно уменьшалась от 0,74 до 0,10 эВ при увеличении концентрации Bi от 0 до 16,5 ат. %.

Таким образом, модифицирование пленок GST225 примесью Bi методом ВЧ-со-распыления приводит к существенному изменению их структуры и электронных свойств.

*Работа выполнена по программе гранта ИРН AP05133499 Комитета Науки МОН РК*

## СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТЕН МЕТОДОМ PECVD ДЛЯ СОЗДАНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Е. Ерланулы<sup>1,2</sup>, Д.Г. Батрышев<sup>1,3</sup>, Т.С. Рамазанов<sup>3</sup>, М.Т. Габдуллин<sup>2,3</sup>, Н.Е. Аханова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория инженерного профиля, КазНУ им. аль-Фараби,  
Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

<sup>2</sup>Казахстанско-Британский Технический Университет,  
Казахстан, 050000 Алматы, ул. Толе би 59

<sup>3</sup>Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа,  
КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, 050040 Алматы, пр. аль-Фараби, 71

На сегодняшний день производство суперконденсаторов является весьма актуальной задачей, поскольку они находят свое применение в качестве источника энергии в транспорте (автомобиль, поезд, автобус и т.д.), в системе управления ориентации (вращении) лопаток ветровых турбин, в качестве элементов электроники, в системах выработки и транспортировки энергии и т.д. Все эти приложения решают экологические и экономические проблемы в области энергетики [1]. Существуют различные виды углеродных наноматериалов [2,3], которые могут быть использованы в качестве электродов суперконденсатора и одним из них является углеродные наностены [4]. Применение наностен связано с их большой удельной поверхностью и плотностью, а также механической прочностью и высокой электропроводностью. В предлагаемой работе рассматривается синтез углеродных наностен методом PECVD в плазме высокочастотного разряда для использования в качестве электродов суперконденсатора.

Синтез углеродных наностен проводили на поверхности кремниевой подложки с никелевым нанослоем и медной подложке. Эксперимент проводили при температуре 500°C и мощности разряда 8-15 Вт, при давлении 1,1-1,4 Тор в потоке смеси газов аргона и метана. В результате были получены углеродные наностены различных качеств на поверхности медной и кремниевой подложки, которые были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии и Рамановской спектроскопией (рисунки 1 и 2).

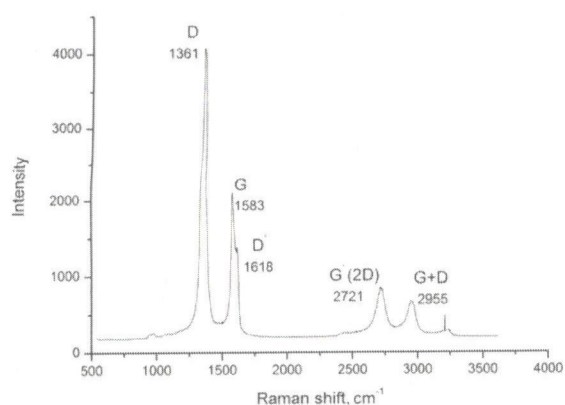
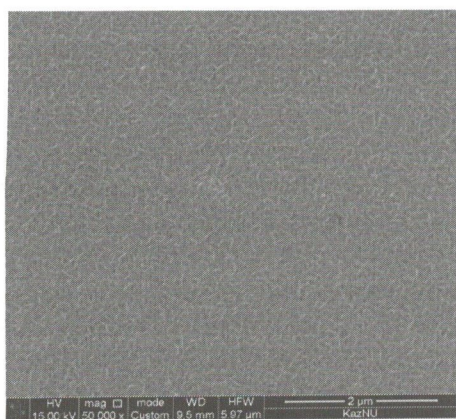


Рисунок 1 – СЭМ изображение и Рамановский спектр углеродных наностен на Si/Ni подложке

К.Н. Турманова, Ж.К. Толепов, А.С. Жакыпов, О.Ю. Приходько, Г.А. Исмаилова, С.Я. Максимова Технология получения наноразмерных пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , модифицированных примесью серебра	175
Әбдісадықова К.Н., Жорахан Ж., Сыдықова Д.М. Күміс нанобөлшектерімен легіріленген жұқа $\text{TiO}_2$ қабықшаларының қасиеттері	177
Н.Х. Ибраев, А.К. Аймуханов Плазмно-усиленный активный элемент для перестраиваемого лазера на красителе	179
В.Д. Кравцова, А.Ж. Дукуенбай, Г.А. Исмаилова, О.Ю. Приходько Технология получения и электронные свойства модифицированных алициклических полиимидных пленок	184
Н.Х. Ибраев, Д.А.Афанасьев Синтез наночастиц Al методом лазерной абляции в различных растворителях	185
Д.Г. Батрышев, Е. Ерлану, М.Т. Габдуллин, Н.Е. Аханова, Желкобаев Ж.Е., Дарзиев С.А.Разработка системы измерения наноперемещений	188
Н.В. Васильева, Г.Т.Смагулова Синтез нанодисперсного порошка $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с помощью методов печини и золь-гель синтеза	189
Н.В. Васильева, Г.Т.Смагулова, З.А. Мансуров Получение защитного гидрофобного покрытия на основе нанодисперсной серы	191
Н.Р. Гусейнов, М.М. Муратов, М.Т. Габдуллин, Р.Р. Немкаева, М.М. Мырзабекова, Я.Л. Шабельникова, С.И. Зайцев Экспериментальное изучение распределения энергии в ионно-лучевой литографии	193
Yerkin Shabdan, Kadirzhan K. Dikhanbayev Unique approaches to synthesize 1D/3D $\text{SrTiO}_3$ nanofibers using combination of electrospinning and sol-gel technique	194
Е.С. Мухаметкаримов, О.Ю. Приходько, С.Л. Михайлова, К. Даутхан, А. Амалбеков, А. Галымжанова, У. Имангазы Моделирование плазмонного резонанса поглощения света в композитных средах	199
Ж.К. Толепов, К.Н. Турманова, А.С. Жакыпов, Г.А. Исмаилова, Г. Наурызбайқызы, О.Ю. Приходько Структура и электронные свойства пленок GST225, модифицированных металлом	200
Е. Ерланулы, Д.Г. Батрышев, Т.С. Рамазанов, М.Т. Габдуллин, Н.Е. Аханова Синтез углеродных наностен методом PECVD для создания суперконденсаторов	201
А. И. Купчишин, Б. Г. Таипова, Б. А. Тронин, К.Ш. Шаханов Исследование механических свойств некоторых полимерных изоляционных материалов	202
А. И. Купчишин, М. Н. Ниязов, А.Т. Абдухаирова Деформация политетрафторэтилена при разных нагрузках и электронном облучении	205
А.И. Купчишин, М.Н. Ниязов, Б.Г. Таипова, Н.Н. Ходарина, К.Ш. Шаханов Исследование механических свойств текстолита и стеклотекстолита при испытании на плоский прямой изгиб	207
А. И. Купчишин, О.В. Есырев, Н.Н. Ходарина, Б.Г. Таипова, Т.И. Зубарева Оптические исследования необлученных, загрязненных и облученных биоматериалов	210
А.И. Купчишин. Каскадно-вероятностная функция для стабильных частиц, генерирующих радиационные дефекты	212
А.И. Бондарев, З.Ж. Жанабаев, К.К. Диханбаев, С.М. Манаков Поверхностная модификация газового сенсора на основе пористого кремния и кремниевых нанонитей	216
С.М. Манаков, М.К. Ибраимов, Е. Сагидолда, Ш.А. Жуматова, М.Б. Дарменкулова Газовый сенсор на основе пористого кремния и кремниевых нанонитей	220
Л.В. Михайлов, Г.А. Исмаилова, С.Л. Михайлова, М.Ж. Қуатова, А.М. Сидяров, Т.М. Жалилов. Автоматизированная система смарт окна с использованием солнечных панелей	225
Е.Е. Сандыбаев, А. Д. Мурадов, М. Przybylski, К.М. Мукашев, Г.Ш. Яр-Мухамедова Исследование механических свойств полиимидных композитных пленок с наполнителями из углеродных нанотрубок	228