

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

6 (310)

**ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2016 Ж.
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2016 г.
NOVEMBER – DECEMBER 2016**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадилаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 310 (2016), 38 – 44

UDC 621.039.6, 537.523/.527

D.G. Batryshev^{1,3}, T.S. Ramazanov², M.K. Dosbolayev², M.T. Gabdullin³, Ye.Yerlanuly^{1,3}

¹Laboratory of Engineering Profile, Al-Farabi Kazakh National University;

²Scientific and Research Institute of Experimental and Theoretical Physics,
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan;

³National Nanotechnology Laboratory of Open Type, Al-Farabi Kazakh National University
Kazakhstan, 050040, Almaty, Al-Farabi avenue, 71
e-mail: yerlanuly@physics.kz

**SYNTHESIS OF CARBON NANOTUBES BY PLASMA CHEMICAL
DEPOSITION METHOD FROM VAPOUR-PHASE
IN RADIO-FREQUENCY CAPACITIVE DISCHARGE**

Abstract. In this work a synthesis of carbon nanotubes by plasma chemical deposition method from vapour-phase in radio-frequency capacitive discharge is considered. As a result of the experiment, two samples were obtained – a silicon substrate with a small bright deposition on its surface and soot inside the heating element. These samples have been studied by using Ntegra Spectra Raman spectroscopy and scanning electron microscopy Quanta 3D 200i (SEM, FEI company, USA). The results of analysis indicate that carbon nano particles were deposited on the surface of the silicon substrate, whereas SEM and RS analysis of soot indicates the presence of carbon fibers and nanotubes. The formation of CNTs and other carbonaceous nanostructures inside the quartz tube is explained by the fact that the heater material is nichrome (Ni + Cr) and the heating leads to evaporation of a small fraction of nickel, which served as a catalyst for CNT growth.

Keywords: carbon nanotubes, plasma chemical deposition, plasma.

УДК 621.039.6, 537.523/.527

Д.Г. Батрышев^{1,3}, Т.С. Рамазанов², М.К. Досболаев², М.Т. Габдуллин³, Е. Ерланулы^{1,3}

¹Лаборатория инженерного профиля, КазНУ им. аль-Фараби;

²Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, КазНУ им. аль-Фараби;

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

**СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ
МЕТОДОМ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ
В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЕМКОСТНОМ РАЗРЯДЕ**

Аннотаци. Данная работа посвящена синтезу углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде. В результате эксперимента были получены два образца – кремниевая подложка с неким светлым осаждением на ее поверхности и сажа внутри нагревательного элемента, которые были исследованы с помощью Рамановской спектроскопией Ntegra SPECTRA и сканирующей электронной микроскопией Quanta 3D 200i (SEM, FEI company, USA). Результаты анализа свидетельствуют, что на поверхности кремниевой подложки были осаждены углеродные наночастицы, тогда как СЭМ и РС анализ сажи свидетельствует о наличии углеродных волокон и нанотрубок. Образование УНТ и других, углеродосодержащих наноструктур внутри кварцевой трубки

объясняется с тем, что материалом нагревателя является нихром (Ni+Cr), при нагревании которого из материала выделялась малая доля никеля, который служил катализатором роста УНТ.

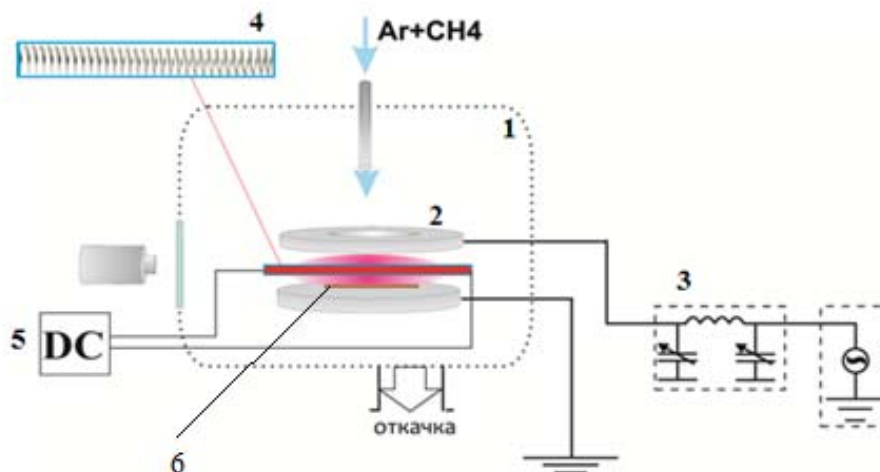
Ключевые слова: углеродные нанотрубки, плазмохимическое осаждение, плазма.

Введение

Синтез углеродных нанотрубок (УНТ) методом осаждения из газовой фазы с плазменным усилением (PECVD) применяется для создания вертикально ориентированных УНТ на подложках при относительно низкой температуре [1,2]. В соответствии с типом газового разряда, для генерации плазмы существуют различные PECVD реакторы тлеющего разряда [3,4], высокочастотного (ВЧ) разряда 13,56 МГц [5-8], сверхвысокочастотного разряда 2,56 ГГц [9]. Для синтеза УНТ также применяются такие методы, как: электродуговое распыление (ЭДР) графита [10], лазерная абляция [11], метод химического осаждения углеродсодержащих паров на катализаторах (CVD) [12]. Преимущество PECVD метода, по сравнению с перечисленными выше методами, это возможность контроля и получения вертикально ориентированных УНТ за счет электрических сил плазмы. УНТ имеют широкую область применения: в электронике (гибкие дисплеи, датчики, быстродействующие и экономичные диоды и транзисторы) [13,14], в медицине (лечение онкологических заболеваний, биосовместимые функциональные препараты и маркеры) [15-17], в энергетике (создание солнечных панелей, топливные элементы, эффективный катодный электрокатализатор) [18-20] и т.д. Благодаря этому, на сегодняшний день исследование и синтез УНТ представляют большой интерес с научной точки зрения. Таким образом, в представленной работе рассматривается синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде.

Эксперимент

В данной работе синтез УНТ методом PECVD реализуется на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1, которая состоит из рабочей камеры (1), двух параллельных электродов (2), верхний – ВЧ электрод, нижний заземленный, ВЧ генератора (3), нагревательного элемента (4) – кварцевая трубка с нихромовой спиралью, источника питания нагревателя (5), системы откачки и напуска реакционного газа в рабочую камеру.



1 – рабочая камера, 2 – ВЧ электроды, 3 – ВЧ генератор, 4 – нагревательный элемент, 5 – источник питания нагревательного элемента, 6 – кремниевая подложка с каталитическим нанослоем

Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки для синтеза УНТ PECVD методом

На основе представленной схемы была собрана установка комбинированного высокочастотного разряда с термическим нагревателем для первичной инициации процесса пиролиза. На рисунке 2 представлены фото рабочего режима горения ВЧ плазмы с нагревателем в методе PECVD.

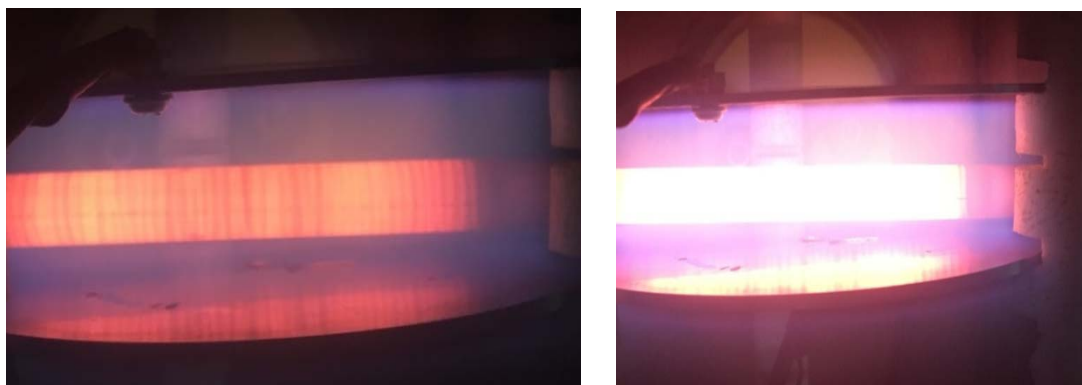


Рисунок 2 –PECVD процесс в рабочем режиме

Как известно, рост УНТ осуществляется согласно модели пар-жидкость-кристалл (ПЖК), где одной из основных элементов является катализатор. Поэтому для синтеза УНТ на кремниевой подложке (6) в начале эксперимента на ее поверхность методом электронно-лучевого напыления наносят нанослой катализатора – никеля. Далее после напыления, полученный образец исследуется на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Результаты анализа показывают, что на поверхности кремниевой подложки после напыления образовался равномерный сплошной никелевый нанослой, толщиной порядка ~50нм. СЭМ изображения подложки представлены на рисунке 3.

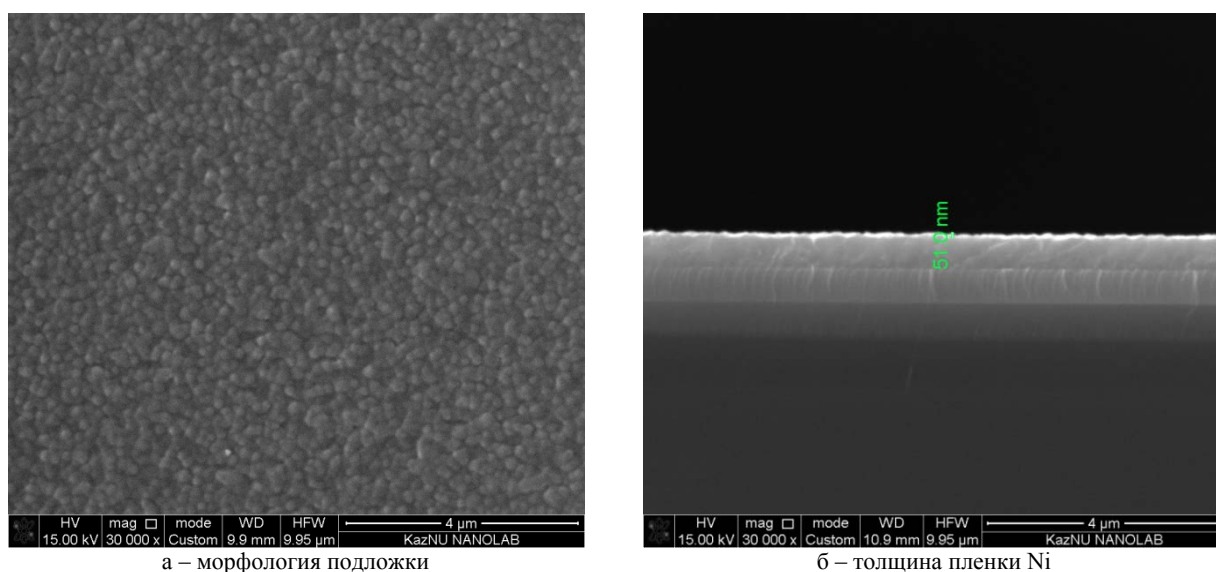


Рисунок 3 – СЭМ анализ кремниевой подложки с каталитическим нанослоем никеля

Далее полученную кремниевую подложку с каталитическим нанослоем загружают в рабочую камеру на поверхность нижнего электрода и создают условие вакуума, после установления вакуума подается поток рабочего газа аргона (Ar) до давления порядка 4 Тор и включают нагревательный элемент. Как только нагревательный элемент достигает температуры 750°C, с помощью ВЧ генератора на верхний электрод подают ВЧ напряжение с мощностью 5-15Вт, вследствие которого поджигается аргоновая ВЧ плазма и выдерживается в течение 15 минут. На данном этапе за счет плазменной и термической обработки на поверхности кремниевой подложки скалалитическим нанослоем формируются нанокластеры (островки) никеля, которые являются основой для роста УНТ по модели ПЖК. Действительно, на рисунке 4 представлен СЭМ изображение полученных нанокластеров никеля на поверхности кремниевой подложки. Из рисунков 3 и 4 видно, что доплазмотермической обработки поверхность кремниевой пластины

имел сплошной никелевый слой, на которой после плазмотермической обработки образовались отдельные островки нанокластеров со средним диаметром $\sim 20-70$ нм. Согласно модели ПЖК диаметр этих нанокластеров, в конечном счете, определяет диаметр синтезируемых УНТ.

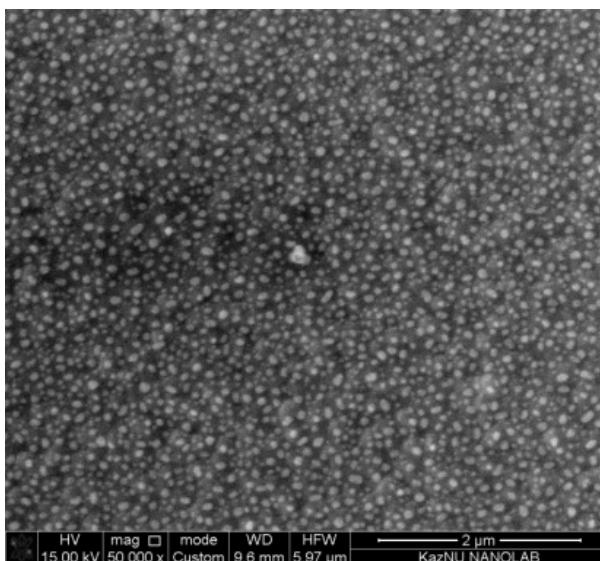


Рисунок 4 – СЭМ изображения нанокластеров на поверхности кремниевой подложки

Для образования островков никеля на поверхности кремниевой подложки достаточно 15 минут, после для роста УНТ в рабочую камеру напускается дополнительный реакционный углеродосодержащий газ – метан (CH_4) до давления 5 Тор, затем процесс синтеза длится 15-30 минут.

Таким образом, в результате эксперимента были получены два образца – кремниевая подложка с осажденными на ее поверхности углеродными наночастицами (рисунок 6) и сажа внутри нагревательного элемента (рисунок 5).

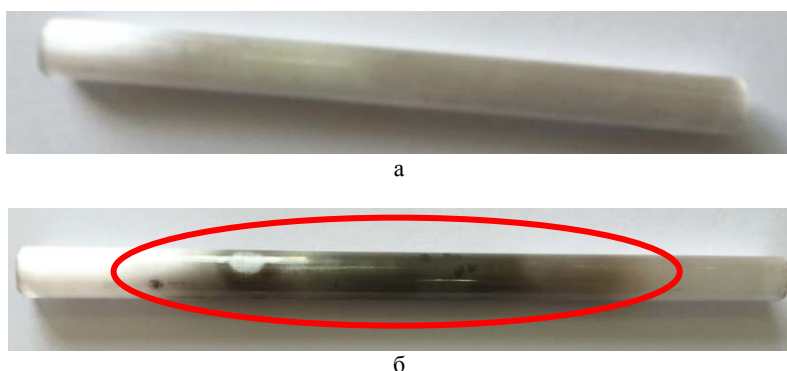
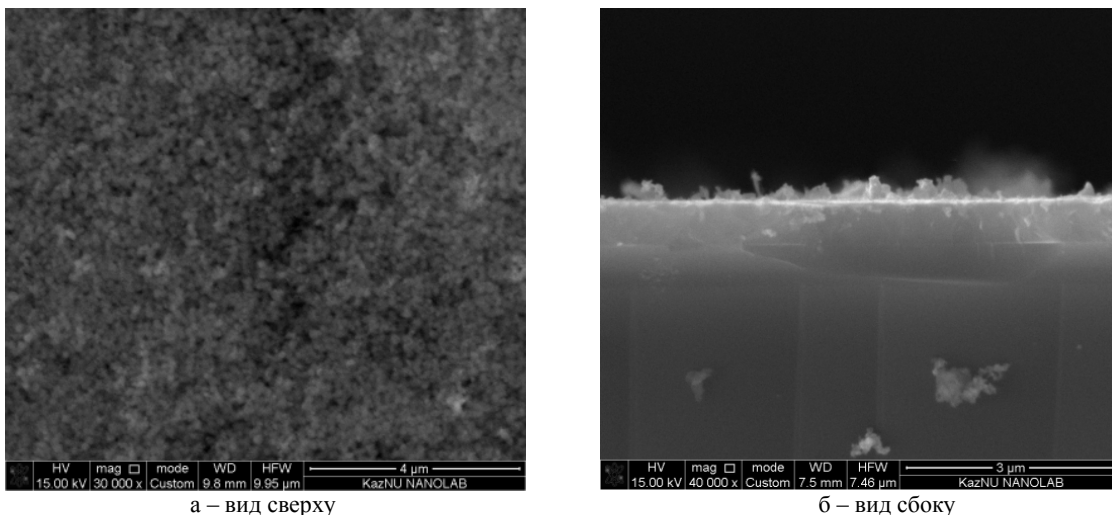


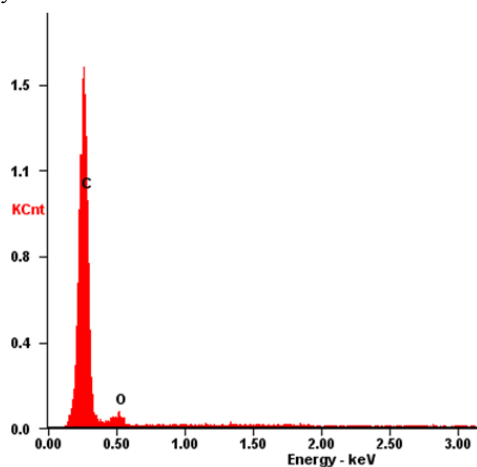
Рисунок 5 – Кварцевая трубка до (а) и после (б) синтеза УНТ методом PECVD

Исследование полученных образцов на сканирующем электронном микроскопе и Рамановской спектроскопией (РС) показывают, что действительно в процессе PECVD образуются углеродные наночастицы, которые осаждаются на поверхности кремниевой подложки. На рисунке 6 представлены СЭМ изображения осажденных углеродных наночастиц, тогда как СЭМ и РС анализ сажи свидетельствует о наличии углеродных волокон и нанотрубок (рисунок 7). Изначально, предполагалось синтез УНТ на поверхности кремниевой подложки, но как результаты анализа показывают отсутствие осаждения УНТ. Возможная причина - это все еще низкая температура среды вблизи подложки для роста УНТ, но недостаточная для формирования нанокластеров никеля.



а – вид сверху

б – вид сбоку



в – химический состав

Рисунок 6 – СЭМ изображения и химический состав осажденных углеродных наночастиц на поверхности кремниевой подложки

Благодаря достаточно высокой температуре никромового нагревателя, из последнего из-за термической эмиссии образовались наночастицы, которые и явились основой роста УНТ и образования сажи внутри нагревательного элемента.

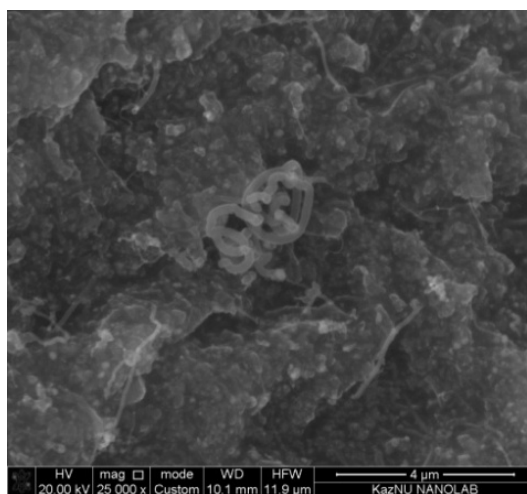


Рисунок 7 – СЭМ изображения полученных УНТ PECVD методом

Спектры рамановского рассеяния полученных образцов сажи представлены на рисунке 8. Рамановский спектр, представленный на рисунке 8а, соответствует типичному спектру многостенных УНТ (МУНТ) с основными G, D и G'(2D) – полосами при частотах 1591 см⁻¹, 1360 см⁻¹ и 2719 см⁻¹ соответственно, а также G+D – полосами при частотах 2950 см⁻¹. G-полоса в данном спектре соответствует тангенциальным колебаниям двух смежных атомов углерода в решетке УНТ, G' (или 2D)-полоса соответствует обертону D-полосы, вызванной двухфононным неупругим рассеянием. Присутствие в спектре D-полосы и G'-полосы позволяет судить о дефектности структуры и ее совершенстве (качестве). Таким образом, для оценки дефектности структуры много приблунуть формуле отношении интенсивностей полос D и G: $L_a = 4,4 \cdot \frac{I_G}{I_D}$, где L_a - область гомогенного рассеяния в углеродных структурах. Значение для данного спектра соответствует $L_a = 4,7$, что говорит о довольно не плохом качестве МУНТ. Свидетельство этому и выраженная полоса 2D. Но слияние полосы D и G говорит о наличии аморфной фазы в образце. Рамановский спектр, представленный на рисунке 8б, более типичен спектру многослойного графена (FLG – Few-layer graphene). Об этом свидетельствуют слабая D-полоса (1359 см⁻¹) и довольно узкие и интенсивные полосы G (1581,8 см⁻¹) и 2D (2733,6 см⁻¹).

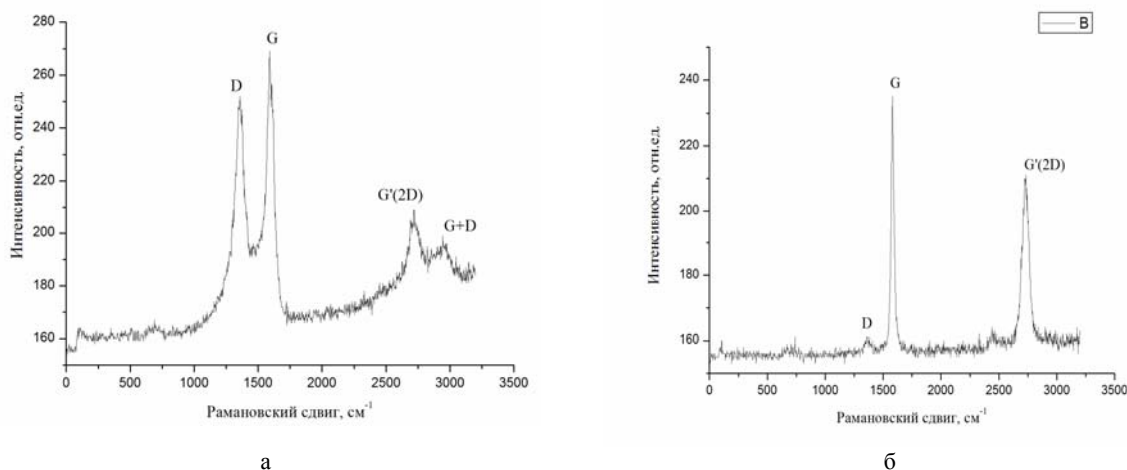


Рисунок 8 – Рамановские спектры полученных УНТ методом PECVD

Заключение

В данной работе был рассмотрен синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде. В результате эксперимента были получены два образца – кремниевая подложка с неким светлым осаждением на ее поверхности и сажа внутри нагревательного элемента, которые были исследованы с помощью РС и СЭМ анализа. Результаты анализа свидетельствуют, что на поверхности кремниевой подложки были осаждены углеродные наночастицы, тогда как СЭМ и РС анализ сажи свидетельствует о наличии углеродных волокон и нанотрубок. Образование УНТ и других углеродосодержащих наноструктур внутри кварцевой трубки объясняется с тем, что материалом нагревателя является нихром (Ni+Cr), при нагревании которого из материала выделялась малая доля никеля, который служил катализатором роста УНТ.

Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3214/ГФ 4.

REFERENCES

- [1] Man Y.H., Li Z.C., Zhang Z.J., Influence of plasma condition on carbon nanotube growth by rf-PECVD // Nano-Micro Letters, **2010**, V. 2, №1, P.37-41.
- [2] Wang H., Lin J., Huan C.H.A., Dong P., He J., Tang S.H., Eng W.K., Thong T.L.J., Controlled synthesis of aligned carbon nanotube arrays on catalyst patterned silicon substrates by plasma-enhanced chemical vapor deposition // Appl. Sur. Sci. **2001**, Vol. 181, №3, P. 248-254.
- [3] Chhowalla M., Teo K.B.K., Ducati C., Rupesinghe N.L., Amaratunga G.A.J., Ferrari A.C., Roy D., Robertson J., Milne W.I., Growth process conditions of vertically aligned carbon nanotubes using plasma enhanced chemical vapor deposition // J. Appl. Phys. **2011**, Vol. 90, P/ 5308.
- [4] Lee D.H., Lee W.J., Kim S.O., Vertical Single-Walled Carbon Nanotube Arrays via Block Copolymer Lithography // Chem. Mater. **2009**, Vol.21, №7, P.1368-1974.

- [5] Kim, U.J. Lee E.H., Kim J.M., Min Y., Kim E., Park W., Thin film transistors using preferentially grown semiconducting single-walled carbon nanotube networks by water-assisted plasma-enhanced chemical vapor deposition//Nanotechnology, **2009**, Vol. 20, №29, P.5201.
- [6] Shiratori Y., Hiraoka H., Takeuchi Y., Itoh S., M. Yamamoto, A One-step formation of aligned carbon nanotube field emitter sat 400°C//Ap. Phys. Lett., **2003**, Vol. 82, P.2485.
- [7] Gohier H.A., Minea T.M., Djouadi A.M., Granier A., Dubosc M., Limits of the PECVD process for single wall carbon nanotubes growth//Chem. Phys. Lett. **2006**, Vol. 42, №3, P.242-245.
- [8] Zhong G., Iwasaki T., Honda K., Furukawa Y., Ohdomari I., Kawarada H., Low Temperature Synthesis of Extremely Dense and Vertically Aligned Single-Walled Carbon Nanotubes// Jpn. J. Appl. Phys. **2005**, Vol. 44, №4A, P.1558.
- [9] Maschmann H.M.R., Amama P.B., Goyal A., Iqbal Z., Gat R., Fisher T.S., Parametric Study of Synthesis Conditions in Plasma-Enhanced CVD of High-Quality Single-Walled Carbon Nanotubes// Carbon, **2006**, V. 44, №1, P.10-18.
- [10] Абдуллин Х.А., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С., Батрышев Д.Г., Исмаилов Д.В., Щур Д.В., Получение углеродных нанотрубок в дуговом разряде в среде дионизированной воды без каталитическим методом // Вестник КазНУ, физическая, **2015**, Т.53, №2, С. 68-72
- [11] Thess et al., Lee R., Nikolaev P., Dai H., Petit P., Robert J., Xu C., Lee Y. H., Kim S. G., Rinzler A. G., Colbert D. T., Scuseria G. E., Tomanek D., Fischer J. E., Smalley R. E. Crystalline Ropes of Metallic Carbon Nanotubes // Science, **1996**, V. 273, P. 483-487.
- [12] Abdullin Kh.A., Batryshev D.G., Chihray E.V., Gabdullin M.T., Ismailov D.V., Kim B.G., Togambaeva A.K., Obtaining multi walled and single-walled carbon nanotubes and nano composites // Canadian J. Phys. 2014, Vol. 92, № 7/8, P. 813-818.
- [13] Xiao L., Chen Zh, Feng Ch., Liu L., Bai Z.-Q, Wang Y., Qian L., Zhang Y., Li Q., Jiang K., Fan Sh., Stretchable, Transparent Carbon Nanotube Thin Film Loudspeakers// Nano Lett. **2008**, Vol. 8, №12, P. 4539–4545
- [14] Zheng Q., Jiang Q., Multiwalled Carbon Nanotubes as Gigahertz Oscillators // Phys. Rev. Lett. **2002**, Vol. 88 – 045503
- [15] Chen J., Chen S., Zhao X., Kuznetsova L.V., Wong S.S., Ojima I. Functionalized single-walled carbon nanotubes as rationally designed vehicles for tumor-targeted drug delivery // J. Am. Chem. Soc. **2008**. V. 49, no. 130. P. 16778–16785.
- [16] Devitt M.R. Tumor targeting with antibody-functionalized, radio labeled carbon nanotubes // The J. of nuclear medicine. 2007. V. 48, no. 7. P. 1180–1189.
- [17] Kateb B., Yamamoto V., Alizadeh D., Zhang L., Manohara H.M., Bronikowski M.J., Badie B. Multi-walled carbon nanotube (MWCNT) synthesis, preparation, labeling, and functionalization // Immunotherapy of Cancer, Methods in Molecular Biology. **2010**. No. 651. P. 307–317
- [18] Ye Y., Ahn C.C., Witham C., Fultz B., Liu J., Rinzler A.G., Colbert D., Smith K.A., Smalley R.E., Hydrogen adsorption and cohesive energy of single-walled carbon nanotubes // Applied Physics Letters 1999, 74, (16), 2307-2309.
- [19] Xu W.C., Takahashi K., Matsuo Y., Hattori Y., Kumagai M., Ishiyama S., Kaneko K., Iijima S., Investigation of hydrogen storage capacity of various carbon materials.// International Journal of Hydrogen Energy, **2007**, 32, (13), 2504-2512.
- [20] Panella B., Hirscher M., Roth S., Hydrogen adsorption in different carbon nanostructures // Carbon, 2005, Vol.43, №10, P. 2209-2214.

Д.Ф. Батрышев^{1,3}, Т.С. Рамазанов², М.К. Досболаев², М.Т. Габдуллин³, Е. Ерланұлы^{1,3}

¹Инженерлі бейіндегі зертхана, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ;

²Эксперименттік және теориялық физика ғылыми-зерттеу институты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ;

³Ашық түрдегі Ұлттық нанотехнологиялық зертхана, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Қазақстан, 050040 Алматы, әл-Фараби, 71

ЖОҒАРЫ ЖИЛІКТІ СЫЙЫМДЫЛЫҚ РАЗРЯДЫНДА ГАЗДЫҚ ФАЗАДАН ПЛАЗМОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСІМЕН КӨМІРТЕК НАНОТҮТІКШЕЛЕРІН СИНТЕЗДЕУ

Аннотация. Бұл жұмыс жоғары жиілікті сыйымдылықты разрядта газдық фазадан плазмохимиялық әдісімен көміртегі нанотүтікшелерін синтездеу тақырыбына арналған. Эксперимент нәтижесінде екі үлгі алынды – беттік қабатында қандай да бір ашық қондырмасы бар кремнийлік төсем және қыздыру элементінің ішіндегі күйе. Аталған үлгілер Рамандық Ntegra SPECTRA спектроскопиясымен және Quanta 3D 200i (SEM, FEI company, USA) электроды сканерлеуші микроскопия көмегімен зерттелді. Анализ нәтижелері кремнийлі төсемнің беттік қабатында көміртекті нанобөлшектердің қондырылғанын, ал күйенің ЭСМ және РС анализі көміртекті талшықтардың және нанотүтікшелердің бар екендігін дәлелдейді. Кварцтық түтікшенің ішінде КНТ және басқа да көміртекті нанокұрылымдардың пайда болуы қыздырғыш нихром (Ni+Cr) материалынан болғанымен түсіндіріледі. Қыздырғыштың температурасын жоғарылатқанда материалдан КНТ өсуінің катализаторы болатын никельдің шағын бөлігі айырылды.

Түйін сөздер: көміртекті нанотүтікшелер, плазмохимиялық қондыру, плазма.

Сведения об авторах:

Батрышев Д.Г. – ст. преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 123 каб., batryshev@physics.kz;
Рамазанов Т.С. – Профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 332 каб., ramazan@physics.kz;
Досболаев М.К. – Ассоциированный профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Алматинская обл., поселок Кокзек, ул. Жибек-жолы, д.29а Аль-Фараби 71а, физ-тех, 125 каб., merlan@physics.kz;
Габдуллин М.Т. – Ст. преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 427 каб., gabdullin@physics.kz;
Ерланұлы Е. – Инженер, КазНУ им. аль-Фараби, Аль-Фараби 71а, физ-тех, 120 каб., yerlanuly@physics.kz

МАЗМҰНЫ

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Ақауы аз кремний матрицаларындағы атомдардың орнын басу әдісімен алынған эпитаксиалды SiC кабыршақтарын рентгендік талдау.....	5
<i>Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланұлы Е.</i> Жоғары жиілікті сыйымдылық разрядында газдық фазадан плазмохимиялық әдісімен көміртек нанотүтікшелерін синтездеу.....	10
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> ¹³ C ядросының экзотикалық күйлерінің радиустары.....	17
<i>Сарсенгельдин М.М., Слямхан М.М., Бижигитова Н.Т.</i> Қозғалмалы шекарасы бар оське тимейтін жылуөткізгіштік тендеуінің жылу көпмүшелері арқылы аналитикалық шешімі.....	21
<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Ақауы аз кремний матрицаларындағы атомдардың орнын басу әдісімен алынған эпитаксиалды SiC кабыршақтарын рентгендік талдау.....	25
<i>Диханбаев К.К., Мусабек Г.К., Сиваков В.А., Ермухамед Д., Мейрам А.Т.</i> Кремний наноталшықтарының микрофотолюминесценциясы.....	32
<i>Батрышев Д.Ф., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланұлы Е.</i> Жоғары жиілікті сыйымдылық разрядында газдық фазадан плазмохимиялық әдісімен көміртек нанотүтікшелерін синтездеу.....	38
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> ¹³ C ядросының экзотикалық күйлерінің радиустары.....	45
<i>Сергеев Д.М., Шұңқеев Қ.Ш.</i> «Ниобий – көміртекті нанотүтікше (5,5) – ниобий» нанотүйіспесінің транспорттық сипаттамаларының компьютерлік модельдеуі.....	49
<i>Досболаев М.К., Утегенов А.У., Тажен А.Б., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i> Импульстік плазмалық ағынның динамикалық қасиеттері мен импульсті плазмалық деткіштегі тозаңның пайда болуы.....	59
<i>Минглибаев М.Ж., Жұмабек Т.М.</i> Теңбүйірлі шектелген үш дене мәселесі	67
<i>Оразбаев С.А., Өмірбеков Д.Б., Досболаев М.Қ., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С.</i> Сынақта тозаңды-плазмалы шамның жарық беру қасиетін зерттеу.....	74
<i>Жақып К.Б.</i> Сұйықтықтар мен газдардағы химиялық реакциялары бар термобародиффузияларды моделдеу.....	80
<i>Оразбаев С.А., Өмірбеков Д.Б., Габдуллин М.Т., Досболаев М.Қ., Рамазанов Т.С.</i> Газ температурасының тозаңды нанобөлшектердің өлшемі мен құрылымына әсері.....	89
<i>Жақып-тегі К. Б.</i> Гуктың заңымен серпілімдік теориясында моделдеу. Кернеулер тензорында симметрия жоқтығы.....	96
<i>Буртебаев Н., Алимов Д., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Юшков А.В., Джансейтов Д.М., Мухамеджанов Е., Насрулла М.</i> Төменгі энергиялы протондардың ¹⁴ N ядросымен әсерлесу потенциал параметрлерін анықтау.....	104
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Амангелді Н., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Мауей Б., Аймаганбетов А., Қурахмедов А.Е., Бекбаев С.М., Мадиярова А.Ж.</i> 17,5 және 41 МэВ энергияларда ¹¹ B ядроларынан ¹⁴ N иондарының серпімді шашырауын зерттеу.....	109
<i>Искакова У.А., Төрбек Б.Т.</i> Лаплас операторы үшін робен-коши қисынсыз есебін шешудің бір әдісі туралы.....	115
<i>Шинибаев М.Д., Беков А.А., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Мырзақасова Г.Е., Алиаскаров Д.Р., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> Екі жылжымайтын нүкте проблемасының жаңа нұсқасы.....	121
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Модификацияланған алс лигносульфонатты реагентін (НПП «Азимут») зерттеу.....	126

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов, А.В. Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Рентгеновский анализ эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов на подложках низкодефектного кремния.....	5
<i>Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланулы Е.</i> Синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде.....	10
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> Экзотические состояния ядра ¹³ C с аномальными радиусами.....	17
<i>Сарсенгельдин М.М., Слямхан М.М., Бижигитова Н.Т.</i> Аналитическое решение уравнения теплопроводности с движущимися границами не касающимися оси тепловыми полиномами.....	21
<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Сейтов Б.Ж.</i> Рентгеновский анализ эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов на подложках низкодефектного кремния.....	25
<i>Диханбаев К.К., Мусабек Г.К., Сиваков В.А., Ермухамед Д., Мейрам А.Т.</i> Фотолюминесценция кремниевых нанонитей.....	32
<i>Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Ерланулы Е.</i> Синтез углеродных нанотрубок плазмохимическим методом осаждения из газовой фазы в высокочастотном емкостном разряде.....	38
<i>Демьянова А.С., Данилов А.Н., Буртебаев Н., Джансейтов Д.М., Керимкулов Ж., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С.</i> Экзотические состояния ядра ¹³ C с аномальными радиусами.....	45
<i>Сергеев Д.М., Шункеев К.Ш.</i> Компьютерное моделирование транспортных характеристик наноконтакта «Ниобий – углеродная нанотрубка (5,5) – ниобий».....	49
<i>Досболаев М.К., Утегенов А.У., Тажен А.Б., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i> Динамические свойства импульсного плазменного потока и пылеобразование в ИПУ.....	59
<i>Минглибаев М.Дж., Жумабек Т.М.</i> К равнобедренной ограниченной задаче трех тел.....	67
<i>Оразбаев С.А., Омирбеков Д.Б., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Рамазанов Т.С.</i> Экспериментальное исследование свойства светоотдачи плазменно-пылевой лампы.....	74
<i>Джакупов К.Б.</i> Моделирование термобародиффузий с химическими реакциями в жидкостях и газах.....	80
<i>Оразбаев С.А., Омирбеков Д.Б., Габдуллин М.Т., Досболаев М.К., Рамазанов Т.С.</i> Влияние температуры газа на размеры и структуры пылевых наночастиц.....	89
<i>Джакупов К.Б.</i> Моделирование по закону Гука в теории упругости. Несимметричность тензора напряжений.....	96
<i>Буртебаев Н., Алимов Д., Зазулин Д.М., Керимкулов Ж.К., Юшков А.В., Джансейтов Д.М., Мухамеджанов Е., Насрулла М.</i> Определение параметров потенциала взаимодействия протона с ¹⁴ N при низких энергиях.....	104
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Амангелді Н., Алимов Д.К., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Мауей Б., Аймаганбетов А., Курахмедов А.Е., Бекбаев С.М., Мадиярова А.Ж.</i> Исследование упругого рассеяния ионов ¹⁴ N на ядрах ¹¹ B при энергиях 17,5 и 41 МэВ.....	109
<i>Искакова У.А., Торекбек Б.Т.</i> Об одном методе решения некорректной задачи робена-коши для оператора лапласа... ..	115
<i>Шинибаев М.Д., Беков А.А., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Мырзакасова Г.Е., Алиаскаров Д.Р., Шекербекова С.А., Садыбек А.Ж.</i> О новой версии задачи двух неподвижных центров.....	121
<i>Сарсенбаев Х.А., Хамзина Б.С., Колдасова Г.А., Исаева Г.Б.</i> Исследование модифицированного реагента АЛС лигносульфонатная (НПП «Азимут»).....	126

CONTENTS

<i>Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Seitov B.Zh.</i> X-Ray analysis of SiC epitaxial films grown by method of atom replacement on low dislocation silicon substrate.....	5
<i>Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye.</i> Synthesis of carbon nanotubes by plasma chemical deposition method from vapour-phase in radio-frequency capacitive discharge.....	10
<i>Demyanova A.S., Danilov A.N., Burtebayev N., Janseitov D.M., Kerimkulov Zh., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S.</i> Exotic states of ¹³ C nuclei with abnormal radii.....	17
<i>Sarsengeldin M.M., Slyamkhan M.M., Bizhigitova N.T.</i> Analytical solution of heat equation with moving boundary tangent to axis by heat polynomials.....	21
<i>Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Seitov B.Zh.</i> X-ray analysis of SiC epitaxial films grown by method of atom replacement on low dislocation silicon Substrate.....	25
<i>Dikhanbayev K.K., Mussabek G.K., Sivakov V.A., Yermukhamed D., Meiram A.T.</i> Micro-photoluminescence in silicon nano-wires.....	32
<i>Batryshev D.G., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Yerlanuly Ye.</i> Synthesis of carbon nanotubes by plasma chemical deposition method from vapour-phase in radio-frequency capacitive discharge.....	38
<i>Demyanova A.S., Danilov A.N., Burtebayev N., Janseitov D.M., Kerimkulov Zh., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S.</i> Exotic states of ¹³ C nuclei with abnormal radii.....	45
<i>Sergeyev D.M., Shunkeyev K.Sh.</i> Computer simulation of transport properties of nanocontact "Niobium – carbon nanotubes (5.5) – niobium".....	49
<i>Dosbolayev M.K., Utegenov A.U., Tazhen A.B., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T.</i> Dynamic properties of pulse plasma flow and dust formation in the pulsed plasma accelerator.....	59
<i>Minglibayev M.Zh., Zhumabek T.M.</i> On the isosceles restricted three-body problem.....	67
<i>Orazbayev S.A., Omirbekov D.B., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S.</i> Experimental research of luminous efficiency of dusty plasma lamp.....	74
<i>Zhakupov K.B.</i> Modeling thermal barodiffusion with chemical reactions in liquids and gases.....	80
<i>Orazbayev S.A., Omirbekov D.B., Gabdullin M.T., Dosbolayev M.K., Ramazanov T.S.</i> The influence of gas temperature on size and structure of the dust nanoparticles.....	89
<i>Jakupov K.B.</i> Modeling Hooke's law in the theory of elasticity. Unsymmetrical stress tensor.....	96
<i>Burtebayev N., Alimov D.K., Zazulin D.M., Kerimkulov Zh.K., Yushkov A.V., Janseitov D.M., Mukhamejanov Y., Nassurulla M.</i> Determination of parameters of proton ¹⁴ N interaction potential at low energies.....	104
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Amangeldi N., Alimov D.K., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M., Mauey B., Aymaganbetov A., Kurakhmedov A., Bekbaev S.M., Madiyarova A.Zh.</i> Study of elastic scattering of ¹⁴ N ions from ¹⁶ O at energies 17,5 and 41 MeV.....	109
<i>Iskakova U.A., Torebek B.T.</i> Certain method of solving ill-posed cauchy-robin problem for the laplace operator.....	115
<i>Shinibaev M.D., Bekov A.A., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Myrzakasova G.E., Aliaskarov D.R., Shekerbekova S.A., Sadybek A.G.</i> A new version of the problem of two fixed centers.....	121
<i>Sarsenbayev Kh.A., Khamzina B.S., Koldassova G.A., Issayeva G.B.</i> Research of modified reagent ALS lignosulfonate (NPP «Azimut»).....	126

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редактор *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А. М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
4 п.л. Тираж 300. Заказ 6.