

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2016 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

## ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫГА БАСТАФАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы  
х.ғ.д., проф., ҚР ҮФА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Қазақстан)  
**Величкин В.И.** проф., корр.-мүшесі (Ресей)  
**Вольдемар Вуйцик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Белорус)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Тәжікстан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Қазақстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Ресей)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Ұлыбритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Ұлыбритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Қазақстан)  
**Өтелбаев М.О.** проф., академик (Қазақстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Сатаев М.И.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Қазақстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Харин С.Н.** проф., академик (Қазақстан)  
**Чечин Л.М.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Кытай)  
**Эркебаев А.Ә.** проф., академик (Қыргыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»  
ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық көгамдық бірлестігі (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Акпарат және мұрагат комитетінде 01.06.2006 ж.  
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне койылу туралы күелік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

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

**ДОКЛАДЫ**  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

---

---

**2016• 5**

Г л а в н ы й р е д а к т о р  
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н на я кол л е г и я:

**Адекенов С.М.** проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)  
**Боос Э.Г.** проф., академик (Казахстан)  
**Величкин В.И.** проф., чл.-корр. (Россия)  
**Вольдемар Вуйчик** проф. (Польша)  
**Гончарук В.В.** проф., академик (Украина)  
**Гордиенко А.И.** проф., академик (Беларусь)  
**Дука Г.** проф., академик (Молдова)  
**Илолов М.И.** проф., академик (Таджикистан),  
**Леска Богуслава** проф. (Польша),  
**Локшин В.Н.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Нараев В.Н.** проф. (Россия)  
**Неклюдов И.М.** проф., академик (Украина)  
**Нур Изура Удзир** проф. (Малайзия)  
**Перни Стефано** проф. (Великобритания)  
**Потапов В.А.** проф. (Украина)  
**Прокопович Полина** проф. (Великобритания)  
**Омбаев А.М.** проф. (Казахстан)  
**Отелбаев М.О.** проф., академик (Казахстан)  
**Садыбеков М.А.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Сатаев М.И.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Северский И.В.** проф., академик (Казахстан)  
**Сикорски Марек** проф., (Польша)  
**Рамазанов Т.С.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Харин С.Н.** проф., академик (Казахстан)  
**Чечин Л.М.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Харун Парлар** проф. (Германия)  
**Энджун Гао** проф. (Китай)  
**Эркебаев А.Э.** проф., академик (Кыргызстан)

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

**ISSN 2518-1483 (Online),**

**ISSN 2224-5227 (Print)**

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18  
<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

---

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

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

# REPORTS

OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE  
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

---

---

2016 • 5

Editor in chief  
doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

Editorial board:

**Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)  
**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)  
**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)  
**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)  
**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)  
**Duka G.** prof., academician (Moldova)  
**Ilolov M.I.** prof., academician (Tadzhikistan),  
**Leska Boguslava** prof. (Poland),  
**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Narayev V.N.** prof. (Russia)  
**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)  
**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)  
**Perni Stephano** prof. (Great Britain)  
**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)  
**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)  
**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)  
**Otelbayev M.O.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Sikorski Marek** prof., (Poland)  
**Ramazanov T.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief  
**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Kharun Parlar** prof. (Germany)  
**Endzhun Gao** prof. (China)  
**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

**ISSN 2224-5227**

**ISSN 2518-1483 (Online),**

**ISSN 2224-5227 (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 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz> / [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

---

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

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

# **Технические науки**

---

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 118 – 124

UDC 537.311:322

**D.I. Bakranova<sup>1</sup>, S.A. Kukushkin<sup>2</sup>, I.K. Beisembetov<sup>1</sup>, A.V. Osipov<sup>2</sup>,  
K.Kh. Nussupov<sup>1</sup>, N.B. Beisenkhanov<sup>1</sup>, B.K. Kenzhaliev<sup>1</sup>, K.A. Mit'<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute for Problems of Mechanical Engineering, St. Petersburg, Russia  
[dinabakranova@gmail.com](mailto:dinabakranova@gmail.com), [sergey.a.kukushkin@gmail.com](mailto:sergey.a.kukushkin@gmail.com), [rector@kbtu.kz](mailto:rector@kbtu.kz),  
[andrey.v.osipov@gmail.com](mailto:andrey.v.osipov@gmail.com), [rich-famouskair@mail.ru](mailto:rich-famouskair@mail.ru), [beisen@mail.ru](mailto:beisen@mail.ru),  
[bagdaulet\\_k@mail.ru](mailto:bagdaulet_k@mail.ru), [konstantin-mit@yandex.ru](mailto:konstantin-mit@yandex.ru)

## **THE STRUCTURE OF SiC EPITAXIAL FILMS, SINTHEZIZED BY SUBSTITUTION OF ATOMS**

**Abstract.** In this paper, using electron diffraction, Raman spectroscopy, atomic force microscopy and ellipsometry the structure, composition, parameters and surface microstructure of the SiC films synthesized through the substitution of atoms in a high-resistivity (111) oriented c-Si in a mixture of gases CO and SiH4 (395 Pa, 1330°C, 7 min), are studied. It is shown that (111) oriented 3C-SiC films with thickness of 110 nm (series I) and 117 nm (series II) on the (111) oriented Si substrate are epitaxial and do not contain twins on the surface, but contain ~ 6.5% Si vacancies. The surface of the film of series I has indistinctly expressed reconstruction corresponding to (3 × 3) along the [112] direction. The film II has no reconstruction of the surface, but contains pores in the Si volume under film of amount ~50% of the film volume. It was found that the indistinct fragmentation of grains on the surface of SiC films is caused due to short duration of the process (7 min), insufficient for the extrusion of the upper layers by the lower layers. Non-equilibrium conditions of growth in the film II lead to morphological instability of the surface of the SiC layer and the formation of needle-like or whisker crystals. The results can be used in nano- and micro-electronics and in the production of solar cells.

**Key words:** thin films, silicon carbide, dilatation dipoles, structure, crystallization

УДК 537.311:322

**Д.И. Бакранова<sup>1</sup>, С.А. Кукушкин<sup>2</sup>, И.К. Бейсембетов<sup>1</sup>, А.В. Осипов<sup>2</sup>,  
К.Х. Нусупов<sup>1</sup>, Н.Б. Бейсенханов<sup>1</sup>, Б.К. Кенжалиев<sup>1</sup>, К.А. Мит'<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

## **СТРУКТУРА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК SiC, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ**

**Аннотация.** В работе методами электронографии, комбинационного рассеяния, атомно-силовой микроскопии и эллипсометрии исследованы структура, состав, параметры и микроструктура поверхности пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов в высокоомном c-Si ориентации (111) в смеси газов CO и SiH4 (395 Па, 1330°C, 7 мин). Показано, что пленки 3C-SiC толщиной 110 нм (серия I) и 117 нм (серии II) ориентации (111) на подложках Si ориентации (111) являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности, но содержат ~6,5% вакансий Si. Вдоль направления [112] поверхность пленки I имеет нечетко выраженную реконструкцию, соответствующую (3×3). Пленка II не имеет реконструкции

поверхности, но содержит поры в объеме Si под пленкой в количестве ~50% от объема пленки. Установлено, что нечеткая фрагментация зерен на поверхности пленок SiC обусловлена малой длительностью процесса (7 мин), недостаточной для выдавливания верхних слоев нижними слоями. Неравновесные условия роста в пленке II ведут к морфологической неустойчивости поверхности слоя SiC и образованию игольчатых или нитевидных кристаллов. Результаты могут быть использованы вnano- и микроэлектронике, в производстве солнечных элементов.

**Ключевые слова:** тонкие пленки, карбид кремния, дилатационный диполь, структура, кристаллизация.

## Введение

Карбид кремния (SiC) является одним из наиболее перспективных материалов для применения в электронике. Ценные физические и электрические свойства, такие как высокая теплопроводность, высокая твердость, широкая запрещенная зона и высокие величины напряженности электрического поля пробоя обусловили огромный интерес к электронным приборам и сенсорам на основе карбида кремния, предназначенных для использования в условиях высоких температур и радиации [1-4]. Аморфные и кристаллические пленки SiC также находят применение при создании солнечных элементов [5,6].

Значительные несоответствия параметров решетки (~20%) и теплового коэффициента расширения (8%) с подложкой Si делают проблематичным гетероэпитаксиальный рост пленок  $\beta$ -SiC на его поверхности [7-9]. В последнее время находит распространение новый метод синтеза пленок карбида кремния на кремнии [8,9], в основе которого лежит идея замещения части атомов кремния на атомы углерода внутри кремниевой подложки в соответствии с химической реакцией.



При этом в приповерхностной области решетки Si образуются дилатационные диполи ( $\text{C}-\text{V}_{\text{Si}}$ ) в результате взаимодействия между внедренным в межузельную позицию атомом углерода и кремниевой вакансии  $\text{V}_{\text{Si}}$ , образующейся при удалении соседнего атома кремния. Образование упругих диполей ( $\text{C}-\text{V}_{\text{Si}}$ ) дает возможность выращивать эпитаксиальные пленки карбида кремния высокого качества. В процессе завершения химического превращения эти диполи распадаются на пленку карбида кремния и поры [10] под ее поверхностью. Для интенсификации процессов образования SiC и улучшения качества слоя за счет залечивания усадочных пор вместе с газом CO обычно используется силан  $\text{SiH}_4$  [8,9].

В данной работе проведено исследование структуры и физических параметров эпитаксиальных пленок SiC, выращенных методом замещения атомов, на поверхности высокоомного монокристаллического кремния n-типа ориентации (111).

## Эксперимент

Высококачественные пластины монокристаллического кремния c-Si ориентации (111) n-типа с удельным сопротивлением 1987 – 3165 Ом·см, толщиной 1300 мкм и диаметром 20 мм были использованы в качестве подложек. С каждой стороны пластины кремния были удалены по 100 мкм двухсторонней шлифовкой и последующей полировкой до обретения зеркального блеска. Затем обе серии образцов (I и II) были подвергнуты химическому травлению в смеси кислот в соотношении  $\text{HF} : \text{HNO}_3 = 1 : 10$  с удалением по 115 мкм с каждой стороны до толщины 870 мкм, а затем протравлены в щелочном растворе KOH.

Пленки SiC на поверхности пластин кремния были синтезированы по методике [8,9,11] в специальной установке, разработанной авторами работ [9,11], в смеси газов CO и  $\text{SiH}_4$  при температуре 1330°C и давлении основного газа CO 395 Па в течение 7 минут. Расход газа CO составлял 12 sccm, а расход газа  $\text{SiH}_4$  – 0,25 sccm.

Состав синтезированных пленок анализировался методом комбинационного рассеяния с помощью конфокального рамановского микроскопа (WITec Alpha 300R). Для исследования структуры пленок была использован электронограф ЭМР-100 при энергии электронов 50 кэВ. Для определения физических параметров пленок использован эллипсометр M-2000D J.A. Woollam, позволяющий снимать эллипсометрические спектры в диапазоне 0,7 – 6,5 eV.

## Результаты

На рис. 1а, б представлены спектры комбинационного рассеяния пленок серий I и II, соответственно, синтезированных на подложке кремния при температуре 1330 °С и давлении 395 Па. Наблюдаются пики первого и второго порядка при 519,7 и 303,3 см<sup>-1</sup>, соответственно, поперечных акустических фононов (2ТА) от кристаллической подложки Si [12]. Также наблюдается четкий пик при 971,4 см<sup>-1</sup>, обусловленный комбинационным рассеянием Si второго порядка [12]. Рисунки нормированы таким образом, что интенсивность пика при 303,3 см<sup>-1</sup> составляет 10000 cts. В спектрах пленок I и II наблюдаются широкие пики при 730 – 860 см<sup>-1</sup> с центром в ТО mode β-SiC при ~796 см<sup>-1</sup> [13], состоящие из двух компонент с максимумами при 792 см<sup>-1</sup> и 822 см<sup>-1</sup> (рис. 1). В таблице 1 представлены положение, площадь S и амплитуда CCD результирующего пика. Видно, что наибольшие величины площади и амплитуды характерны для пленок серии I. Моду LO в β-SiC на 969 см<sup>-1</sup> невозможно определить из-за накладывающегося фона комбинационного рассеяния Si-второго порядка.

Таблица 1 – Площадь S и амплитуда CCD пика SiC в области 795 см<sup>-1</sup> в спектре комбинационного рассеяния

Параметр	Пленка SiC № I		Пленка SiC № II	
Raman Shift, см <sup>-1</sup>	792,4	821,6	792,9	822,7
S, отн.ед.	39776		33858	
CCD, cts	1400		960	

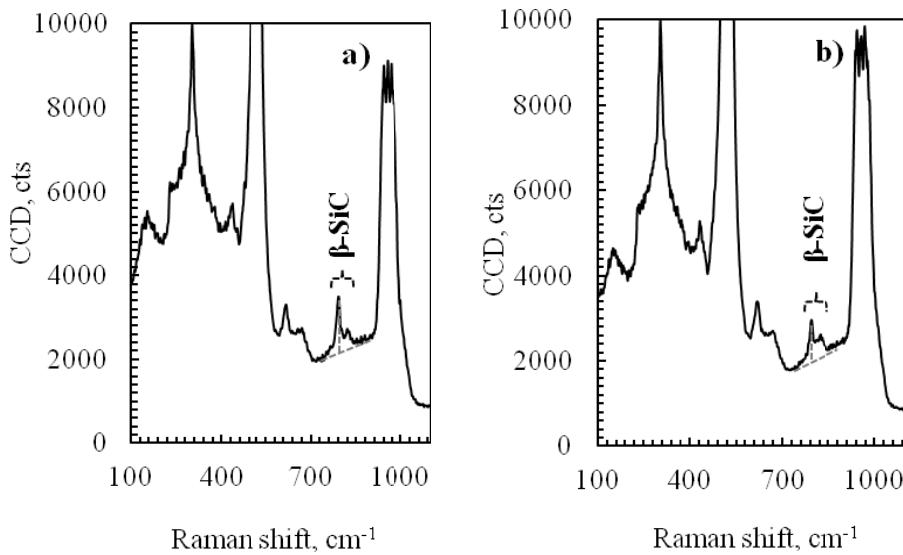


Рисунок 1 – Спектры комбинационного рассеяния кристаллических пленок Si<sub>x</sub>C<sub>y</sub> на кремниевых подложках (образцы I (а) и II (б)), синтезированных методом замещения атомов в кристаллической решетке кремния

На рис. 2 представлены электронограммы пленок SiC на поверхности образцов серий I и II. Электронограммы получены в двух направлениях азимута, а именно, в направлении [110] и в направлении [112]. Точечные рефлексы на электронограммах свидетельствуют о том, что слой 3С-SiC с ориентацией (111) лежит на поверхности Si образцов серий I и II, и направление [111] этого слоя перпендикулярно поверхности подложки. Видно, что пленки карбида кремния являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности.

Также на электронограммах хорошо видно, что вдоль направления [112] поверхность образца серии I имеет нечетко выраженную реконструкцию, соответствующую 3×3 вдоль направления [112]. Такая реконструкция наблюдалась в пленках 3С-SiC, выращенных стандартным методом CVD на Si [14] и в пленках SiC, выращенных методом замещения атомов [15]. На образцах серии II подобная реконструкция не наблюдается.

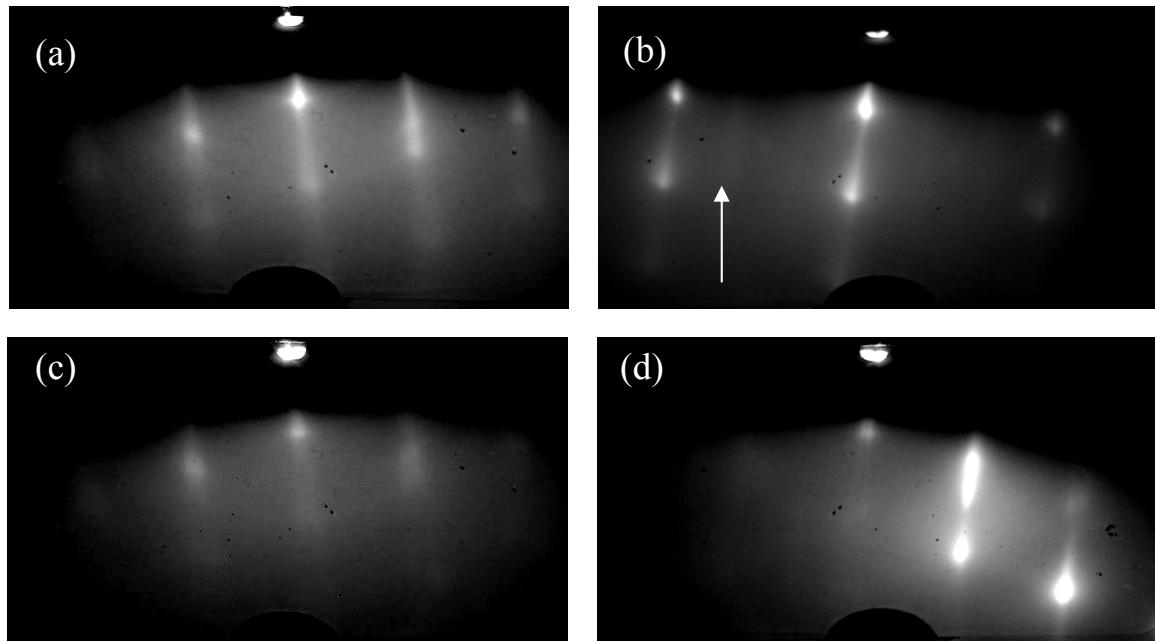


Рисунок 2 – Электронограммы пленки SiC от образцов серии I, снятые в азимутах [110] (а) и [112] (б); серии II, снятые в азимутах [110] (с) и [112] (д)

На рис. 3 а, б приведены зависимости вещественной  $\square_1$  и мнимой  $\square_2$  частей диэлектрической проницаемости пленок SiC образцов серий I и II, полученные методом эллипсометрии. Анализ эллипсограмм свидетельствует о различиях в параметрах и структуре пленок SiC образцов серий I и II. Согласно эллипсометрическим спектрам толщина пленки карбида кремния серии I приблизительно составляет 110 нм, толщина пленки SiC серии II – 117 нм. Расчеты с использованием эллипсометрической модели [16] показали, что в образцах серий I и II содержится около 6,5% вакансий Si. Однако, образец серии II содержит в объеме Si под слоем пленки около 50% пор от объема самой пленки.

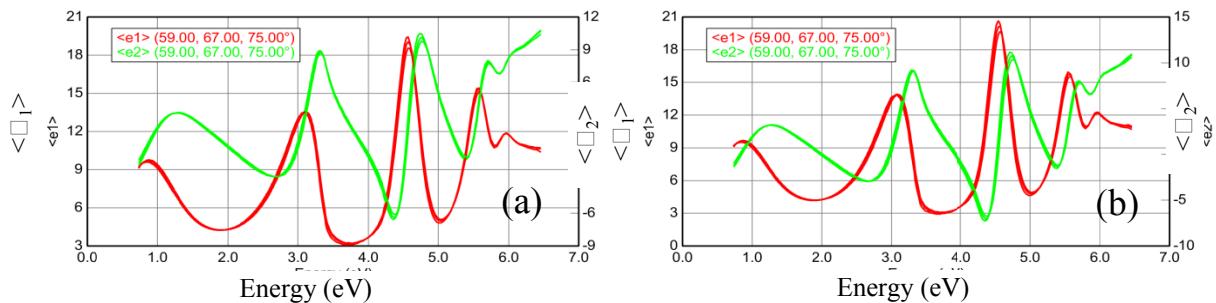


Рисунок 3 – Зависимости вещественной  $\square_1$  и мнимой  $\square_2$  частей диэлектрической проницаемости пленок SiC/Si(111) от энергии фотонов для образцов серий I (а) и II (б)

Исследования методом атомно-силовой микроскопии микроструктуры поверхности показывают, что пленки SiC серии I (рис.4а) и II (рис.4б) имеют нечеткую фрагментацию зерен на поверхности с вариациями высоты до 46 нм и 19 нм, соответственно. Это может быть обусловлено тем, что при малой длительности процесса (7 мин) залечивание пор усадки уже произошло, а процесс выдавливания верхних слоев нижними слоями еще не завершился [9]. Однако, повышенное давление газов CO и SiH<sub>4</sub> (395 Па) и повышенная температура процесса (1330°C) позволяет предполагать перенасыщение пленок серий I и II атомами углерода и их ускоренный неравновесный рост. Избыток атомов углерода может препятствовать формированию совершенной кристаллической структуры на поверхности пленок карбида кремния [17-19]. Поверхность образца серии II свидетельствует о том, что химическая реакция замещения проходила в условиях далеких

от равновесия. Исходная поверхность Si была “перетравлена” для роста при столь высокой температуре (1330°C). Это ведет к морфологической неустойчивости поверхности растущего слоя SiC и образованию на его поверхности игольчатых или нитевидных кристаллов.

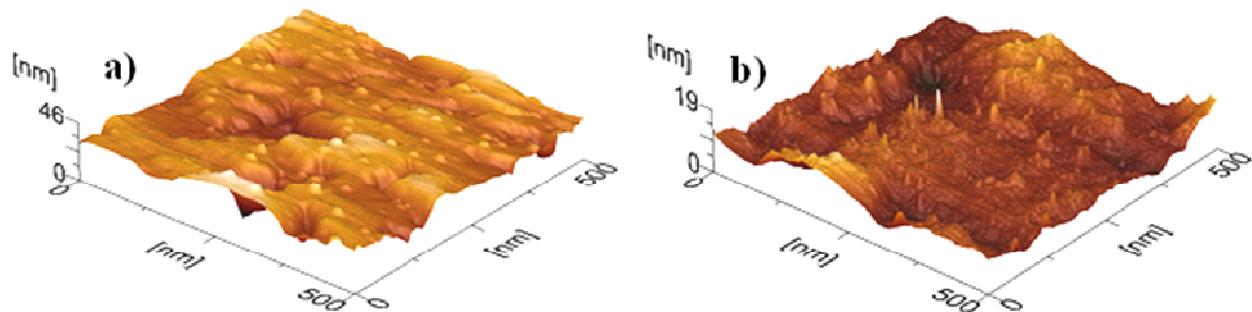


Рисунок 4 – Атомно-силовая микроскопия микроструктуры поверхности пленок SiC серий I (а) и II (б) на участках размерами  $500 \times 500$  нм

### Заключение

Синтезированы нанослои SiC на поверхности высокоомных монокристаллических пластин кремния ориентации (111) методом замещения атомов в кристаллической решетке кремния на атомы углерода.

Выявлено формирование кристаллической фазы  $\beta$ -SiC в пленках, синтезированных при температуре 1330°C в смеси газов CO и SiH<sub>4</sub> (395 Па) в течение 7 минут. Пленки 3C-SiC ориентации (111) на подложках Si ориентации (111) являются эпитаксиальными и не содержат двойников на поверхности. Толщины слоев SiC примерно составляют на образце серии I – 110 нм, на образце серии II – 117 нм. В образцах содержится около 6,5% вакансий Si. Имеются различия в структуре пленок SiC образцов серий I и II. Вдоль направления [112] поверхность образца серии I имеет нечетко выраженную реконструкцию, соответствующую (3×3). Образец серии II не имеет реконструкции поверхности, но содержит в объеме Si под пленкой около 50% пор от объема пленки.

Показано, что пленки SiC серии I и II имеют нечеткую фрагментацию зерен на поверхности с вариациями высоты до 46 нм и 19 нм, соответственно, что обусловлено малой длительностью процесса (7 мин), недостаточной для выдавливания верхних слоев нижними слоями. Этому способствует избыточное содержание атомов углерода в условиях неравновесного интенсивного синтеза (395 Па, 1330°C) пленок SiC, препятствующее формированию совершенной кристаллической структуры на поверхности. Неравновесные условия роста в образце серии II ведут к морфологической неустойчивости поверхности растущего слоя SiC и образованию на его поверхности игольчатых или нитевидных кристаллов.

### Благодарность

Байсенханов Н.Б., Нусупов К.Х., Байсембетов И.К., Кенжалиев Б.К., Мить К.А. и Бакранова Д.И. выражают благодарность Комитету науки МОН РК за финансовую поддержку (гранты ГР № 0262/ГФ4; ГР № 4327/ГФ4; 2015–2017 гг.).

Кукушкин С.А. и Осипов А.В. выражают благодарность РФФИ за финансовую поддержку (гранты № 15-0306155 и 16-29-03149\_2016-офи).

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Muller G., Krotz G., Niemann E. SiC for sensors and high-temperature electronics // Sens. Actuators. A. – 1994. – 43(1–3). – P. 259–268.
- [2] Brown D.M., Downey E., Grezzo M., Kretchmer J., Krishnamethy V., Hennessy W., Michon G. Silicon carbide MOSFET technology. // Solid State Electronics. – 1996. – 39 (11). – P. 1531–1542. – ISSN 0038-1101.
- [3] Baliga B.J. Trends in power semiconductor devices // IEEE Trans. Electron Devices. – 1996. – 43. – P. 1717–1731.
- [4] Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials // Progress in Materials Science. 72. 2015. P. 1–60.

- [5] Hamakawa Y. Physics and Applications of Amorphous Silicon Carbide. In: Rahman M.M., Yang C.Y.-W., Harris G.L. (Eds.), Amorphous and Crystalline Silicon Carbide II, Springer Proceedings in Physics, 1989, 43. – P. 164–170.
- [6] Joung Y.-H., Kang H.I., Kim J.H., Lee H.-S., Lee J. and Choi W.S. SiC formation for a solar cell passivation layer using an RF magnetron co-sputtering system. // Nanoscale Research Letters. – 2012. – 7(1):22.
- [7] Calcagno L., Musumeci P., Roccaforte F., Bongiorno C., Foti G. Crystallisation mechanism of amorphous silicon carbide // Applied Surface Science. – 2001. – 184. – P. 123–127.
- [8] Kukushkin S.A. and Osipov A.V. Topical Review. Theory and practice of SiC growth on Si and its applications to wide-gap semiconductor films. // J. of Phys. D: Appl. Phys. – 2014. – 47. – P. 313001-313041.
- [9] Kukushkin S.A., Osipov A.V., and Feoktistov N.A. Synthesis of Epitaxial Silicon Carbide Films through the Substitution of Atoms in the Silicon Crystal Lattice: A Review // Physics of the Solid State. – 2014. – 56 (8). – P. 1507–1535.
- [10] Kukushkin S.A., Osipov A.V. A new method for the synthesis of epitaxial layers of silicon carbide on silicon owing to formation of dilatation dipoles // J. Appl. Phys. – 2013. – 113 (2) – P. 024909-1-024909-7.
- [11] Kukushkin S.A., Osipov A.V. and Feoktistov N.A. Patent № 2363067, priority 22.01.2008.
- [12] L. Yu, S. Intarasiri, T. Kamwanna, S. Singkarat, In book: Ion beam applications in surface and bulk modification of insulators. Austria, Vienna: IAEA-TECDOC-1607. 2008. P. 63.
- [13] Zorba T., Siapkas D.I. Katsidis C.C. Optical characterization of thin and ultrathin surface and buried cubic SIC layers using FTIR spectroscopy // Microelectron. Eng. – 28. – 1995. – P. 229.
- [14] Jorg Pezoldt, Thomas Kups, Thomas Stauden, Bernd Schroter. Polarity determination and control of SiC grown on Si. Materials Science and Engineering B 165 (2009) 28–33.
- [15] Benemanskaya G.V., Dementev P.A., Kukushkin S.A., Lapushkin M.N., Osipov A.V., Senkovskiy B., Timoshnev S.N. Photoemission Study of nano SiC Epitaxial layers synthesized by a New method of the Atom Substitution in Si Crystal lattice//Materials Physics and Mechanics , 22 (2015) 183-190.
- [16] Kukushkin S.A., Osipov A.V. Determining polytype composition of silicon carbide films by UV ellipsometry // Technical Physics Letters. 42(2). – 2016. – P. 175-178
- [17] K.Kh. Nussupov, N.B. Beisenkhanov, S.K. Zharikov, I.K. Beisembetov, B.K. Kenzhaliyev, T.K. Akhmetov, and B.Zh. Seitov. Structure and Composition of Silicon Carbide Films Synthesized by Ion Implantation // Physics of the Solid State, 2014, Vol. 56, No. 11, pp. 2307–2321.
- [18] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Valitova I.V., Mit' K.A., Mukhamedshina D.M., Dmitrieva E.A. Structure properties of carbon implanted silicon layers // J. of Materials Science: Materials in Electronics. – 2008. – 19. – P. 254–262.
- [19] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B. The Formation of Silicon Carbide in the SiCx Layers ( $x = 0.03–1.4$ ) Formed by Multiple Implantation of C Ions in Si. In book: Silicon carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices. – 2011. – Edited by Moumita Mukherjee. – InTech. – Chapter 4. – P. 69 – 114.

## REFERENCES

- [1] Muller G., Krotz G., Niemann E. SiC for sensors and high-temperature electronics. *Sens. Actuators. A.* **1994**, 43(1-3). P. 259-268.
- [2] Brown D.M., Downey E., Grezzo M., Kretchmer J., Krishnamethy V., Hennessy W., Michon G. Silicon carbide MOSFET technology. *Solid State Electronics*, **1996**, 39 (11), P. 1531– 1542. – ISSN 0038-1101.
- [3] Baliga B.J. Trends in power semiconductor devices. *IEEE Trans. Electron Devices*, **1996**, 43. – P. 1717–1731.
- [4] Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials. *Progress in Materials Science*. **2015**, 72, P. 1–60.
- [5] Hamakawa Y. Physics and Applications of Amorphous Silicon Carbide. In: Rahman M.M., Yang C.Y.-W., Harris G.L. (Eds.), Amorphous and Crystalline Silicon Carbide II, Springer Proceedings in Physics, **1989**, 43, P. 164–170.
- [6] Joung Y.-H., Kang H.I., Kim J.H., Lee H.-S., Lee J. and Choi W.S. SiC formation for a solar cell passivation layer using an RF magnetron co-sputtering system. *Nanoscale Research Letters*. **2012**, 7(1):22.
- [7] Calcagno L., Musumeci P., Roccaforte F., Bongiorno C., Foti G. Crystallisation mechanism of amorphous silicon carbide. *Applied Surface Science*, 2001, 184, P. 123–127.
- [8] Kukushkin S.A. and Osipov A.V. Topical Review. Theory and practice of SiC growth on Si and its applications to wide-gap semiconductor films. *J. of Phys. D: Appl. Phys.*, **2014**, 47, P. 313001-313041.
- [9] Kukushkin S.A., Osipov A.V., and Feoktistov N.A. Synthesis of Epitaxial Silicon Carbide Films through the Substitution of Atoms in the Silicon Crystal Lattice: A Review. *Physics of the Solid State*, **2014**, 56 (8), P. 1507–1535.
- [10] Kukushkin S.A., Osipov A.V. A new method for the synthesis of epitaxial layers of silicon carbide on silicon owing to formation of dilatation dipoles. *J. Appl. Phys.*, **2013**, 113 (2), P. 024909-1-024909-7.
- [11] Kukushkin S.A., Osipov A.V. and Feoktistov N.A. Patent № 2363067, priority 22.01.2008.
- [12] L. Yu, S. Intarasiri, T. Kamwanna, S. Singkarat, In book: Ion beam applications in surface and bulk modification of insulators. Austria, Vienna: IAEA-TECDOC-1607, **2008**, P. 63.
- [13] Zorba T., Siapkas D.I. Katsidis C.C. Optical characterization of thin and ultrathin surface and buried cubic SIC layers using FTIR spectroscopy. *Microelectron. Eng.*, **1995**, 28, P. 229.
- [14] Jorg Pezoldt, Thomas Kups, Thomas Stauden, Bernd Schroter. Polarity determination and control of SiC grown on Si. *Materials Science and Engineering B*, **2009**, 165, P. 28–33.
- [15] Benemanskaya G.V., Dementev P.A., Kukushkin S.A., Lapushkin M.N., Osipov A.V., Senkovskiy B., Timoshnev S.N. Photoemission Study of nano SiC Epitaxial layers synthesized by a New method of the Atom Substitution in Si Crystal lattice. *Materials Physics and Mechanics*, **2015**, 22, P. 183-190.
- [16] Kukushkin S.A., Osipov A.V. Determining polytype composition of silicon carbide films by UV ellipsometry.

Technical Physics Letters, 2016, 42(2), P. 175-178

[17] K.Kh. Nussupov, N.B. Beisenkhanov, S.K. Zharikov, I.K. Beisembetov, B.K. Kenzhaliев, T.K. Akhmetov, and B.Zh. Seitov. Structure and Composition of Silicon Carbide Films Synthesized by Ion Implantation. *Physics of the Solid State*, 2014, 56(11), P. 2307–2321.

[18] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Valitova I.V., Mit' K.A., Mukhamedshina D.M., Dmitrieva E.A. Structure properties of carbon implanted silicon layers. *J. of Materials Science: Materials in Electronics*, 2008, 19, P. 254–262.

[19] Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B. The Formation of Silicon Carbide in the SiCx Layers ( $x = 0.03\text{--}1.4$ ) Formed by Multiple Implantation of C Ions in Si. In book: Silicon carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices, 2011, Edited by Moumita Mukherjee, InTech, Chapter 4, P. 69 – 114.

УДК 537.311:322

**Бакранова Д.И.<sup>1</sup>, Кукушкин С.А.<sup>2</sup>, Бейсембетов И.К.<sup>1</sup>,  
Осипов А.В.<sup>2</sup>, Нусупов К.Х.<sup>1</sup>, Бейсенханов Н.Б.<sup>1</sup>, Кенжалиев Б.К.<sup>1</sup>, Мить К.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

## **АТОМДАРДЫҢ ОРНЫН БАСУ ӘДІСІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН ЭПИТАКСИАЛДЫ SiC ҚАБЫРШАҚТАРЫНЫң ҚҰРЫЛЫМЫ**

**Аннотация.** Жұмыста, CO және SiH<sub>4</sub> (395 Па, 1330 °C, 7 мин) газ қоспаларының атмосферасында (111) бағдарлы жоғарыомды c-Si –дегі атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген SiC қабыршақ бетінің құрылышы, құрамы, параметрлері және микрокұрылышы электронография, комбинациялық шашырау, атомдық күштік микроскопия және эллипсометрия әдістерімен зерттеледі. Si(111) матрицада синтезделген қалындығы 110 нм (I серия) және 117 нм (II серия) 3C-SiC(111) қабыршақ эпитаксиялды және бетінде қосақтар жоқ, бірақ ~ 6.5% кремний вакансияларына ие екендігі көрсетілген. I қабыршақ беті [112] бағыт бойында (3x3) сәйкес келетін айқын көрсетілмеген қайта құрылуға ие. II қабыршақ бетіндегі қайта құрылу жоқ, бірақ қабыршақ астындағы Si көлемінде қабыршақ көлемінің ~ 50% мөлшеріне тең келетін құстарға ие. SiC қабыршақ бетіндегі дәндердің айқын фрагменттілмеуі, процесс уақытының астынғы қабаттар үстінгі қабаттарды ығыстырып шығаруына жеткіліксіз аз (7 мин) болуына байланысты екендігі орнатылды. II қабыршақтың өсу шартының тепе-тенсіздігі, SiC қабаты бетінің морфологиялық орнықсыздығына және ине тәрізді немесе жіп тәрізді кристалдардың құрылуына алып келеді. Жұмыстың нәтижелері нано- және микроэлектроникада, күн элементтерін өндіруде пайдаланылуы мүмкін.

**Тірек сөздер:** жұқа қабакша, кремний карбиді, дилатационды диполь, құрылым, кристаллдану.

## МАЗМҰНЫ

**Астрофизика**

*Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Штурцем Р.* Аккремиялық газды диск пішінің аккремиялануышы жүлдіздардың орбиталық сипаттамасына әсері..... 5

*Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлышбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі..... 14

**Физика**

*Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алисов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің  $^{11}$ вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу..... 20

*Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.* Нейтронды жүлдіздардың кристалдық торларындағы фонон-фононды әсерлесулер..... 26

**Химия**

*Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адырбекова Г.М., Ермаканов М.Н., Саудахметов П.А.* Тығыздық функционал теориясының әдістерімен металоцендердегі химиялық байланыстың талдауы..... 34

*Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.* Материалдардың бүлінің кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы..... 42

**Жер туралы ғылымдар**

*Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.* Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналаудың занылышын зерттеу ..... 50

*Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.* Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байту..... 55

*Нищенко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шеноягин А.С.* Төмendetілген қысым кезіндегі мышыятың диффузия коэффициентін анықтау..... 63

**Әлеуметтік ғылымдар**

*Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.* Қазақстан республикасындағы кіші және орта бизнестің инновациялық қызметінің дамуы..... 70

*Кольбаев М.К., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.* Шағын инновациялық кәсіпкерлікті венчурлық қаржыландыру..... 80

\* \* \*

**Астрофизика**

*Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Штурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.* аккремиялық газды диск пішінің аккремиялануышы жүлдіздардың орбиталық сипаттамасына әсері..... 87

*Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлышбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.* Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі..... 96

**Физика**

*Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алисов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.* 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің  $^{11}$ вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу..... 102

*Боос Э.Г., Темірәлиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.* Импульсі 22,4 ГэВ/С антипротон-протондық аннигиляцияда және протон мен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында оқиға құрылымын талдау..... 108

*Бетекбаев А. А., Калыгулов Да. А., Саков Да. М., Мукашев Б. Н.* Күн энергиясының фотоэлектрлік түрлендірілуі: KAZPRV жобасының жағдайы мен қолдану келешектері..... 113

**Техникалық ғылымдар**

*Бакранова Да.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Митъ К.А.* Атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген эпитаксиалды SiC қабыршақтарының Құрылымы..... 118

*Мусабеков Н.Р., Ибраев А. Х., Адильбеков М. Ж.* Жылуалмасу процестерін басқару мысалындағы технологиялық процесті басқарудың гибридтік жүйесін әзірлеу туралы мәселелер..... 125

*Дайрабай Да.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.* Нуклеаттардың жоғары концентрациясы жағдайларында кластерлік дисперсиялар түзілуінің ерекшеліктері..... 132

*Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.* Жылу энергетикалық кондырғылардың капиллярлық-кеуектік жаңа класты салқыннату жүйелеріндегі жылуамасалмасуды зерттеу..... 139

*Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимулов М.М.* ТМД елдерінде рельстерді қолдану тажірибелі және оның мемлекетаралық стандартты өндіру үшін қолдануы..... 146

*Телтаев Б. Б., Айтбаев Қ.А., Аблалиев С.А.* Жол құрылымының кернеулі-деформациялық күйіне жерасты коллекторының әсері..... 162

*Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусапирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.* Тәжделуші электрод бетінің қысықтық радиусын анықтау тәсілі..... 173

**Механика**

*Жолдасбеков С.Ә., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нұрмаганбетова А.Т.* Жүк көтергіш інтіректі механизмді Арт winmachine компьютерлік жүйесі көмегімен жобалау..... 180

**Химия**

Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нұркенов О.А., Абдыкалыков М.А., Сатпаева Ж.Б., Мұкашев А.Б., Жақытова А.Н., Молдахметов М.З. Қөмір қалдықтары мен қөмір қоқыстары негізінде брикетті отын алудың тиімді көрсеткіштерін жасау.....	186
Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылудық энергияның өзара байланысы.....	193
Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р. Гидрофобты агенттерді инкапсуляциялауда пикеринг эмульсиясын колдану.....	200
Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А. Әр түрлі орталарда стационарлы емес тоқпен поляризациялау кезіндегі күкірттің электрохимиялық қасиеті.....	209
Конурбаев А.Е., Баешов А.Б. Композициялы қүкірт- графит электродын колдану арқылы мырыш сульфидін электрохимиялық жолмен алу.....	214
Баешов А.Б., Конурбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К. Совместное восстановление ионов цинка и сульфит-ионов на в стеклографитовом электроде.....	222

**Жер туралы ғылымдар**

Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х. Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналудының заңдылығын зерттеу .....	231
Нищенко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шеноягин А.С. Төмendetілген қысым кезіндегі мышьяктың диффузия коэффициентін анықтау.....	245
Метакса Г.П., Буктуков Н.С. Йеллоустон Жанартауы. Ғылыми азыз бен шындық.....	252

**Медицина**

Рахимов Қ.Д., Адекенов С.М. Дәріге тұрақты метастаздардың өсуіне жаңа табиги препараттардың цитостатиктермен біріктірген кездегі фармакологиялық әсері.....	257
Рахимов Қ.Д. Клиникаға дейінгі зерттеулерде дәрілерге тұрақты метастаздардың пайда болуын анықтау.....	262

**Аграрлық ғылым**

Аубакиров Х.А., Баймukanов Да.А., Рахманов С.С. Жамбыл облысы «Бапыш-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жылқы популяциясындағы тұстардің таралу ерекшеліктері.....	268
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нұрмуханбетова Да.Е. Функционалдық тагамдық өнімдер. Түйе сүтінен алынатын сүтқышқылды өнімдер.....	275

**Қоғамдық ғылымдар**

Пилипчук Я.В. XVII–XVIIIғғ. Моголстан және үйгыр мемлекеттерінің құлауы.....	285
Есенбекова А.Б. Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері және оның климаттың ғаламдық өзгеруіне тәуелділігі жайлы.....	302
Жакипов Б. М. Шет елдердегі көрме қызметтінің даму үрдістерін талдау.....	309
Насимов М. Ө. Саяси менеджмент: түсінігі, құрылымы және негізгі тұрлери.....	316
Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К. Экономиканың нақты секторындағы енбекті ынталандыру: қағидалары мен әдістері.....	324
Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов Қ.Е. Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры.....	332

## СОДЕРЖАНИЕ

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Штурцем Р.</i> Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд.....	5
---	---

<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлышбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Система управления двухматричным фотометром.....	14
---	----

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах $^{11}\text{B}$ при энергиях 50 и 65 МэВ.....	20
---	----

<i>Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О.</i> Фонон-фононное взаимодействие в кристаллических решетках нейтронных звезд.....	26
--	----

**Химия**

<i>Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адыrbекова Г.М., Ермаканов М.Н., Саидахметов П.А.</i> Анализ химической связи в металлоценах методами теории функционала плотности.....	34
---	----

<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	42
---	----

**Жер тұралы ғылым**

<i>Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	50
---	----

<i>Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В.</i> Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана.....	55
--	----

<i>Ниценко А.В., Требухов С.А., Касымжанова А.К., Шендеяпин А.С.</i> Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	63
---	----

**Социальные науки**

<i>Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б.</i> Развитие инновационной деятельности предприятия малого и среднего бизнеса в Казахстане.....	70
---	----

<i>Kolbayev M. K., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К.</i> Венчурное финансирование малого инновационного предпринимательства.....	80
--	----

\* \* \*

**Астрофизика**

<i>Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Штурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т.</i> Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд .....	87
--	----

<i>Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлышбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т.</i> Система управления двухматричным фотометром.....	96
---	----

**Физика**

<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н.</i> Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах $^{11}\text{B}$ при энергиях 50 и 65 МэВ.....	102
---	-----

<i>Боос Э.Г., Темиралиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И.</i> Анализ структуры событий в антипротон - протонной аннигиляции и реакции перезарядки протона и антипротона при импульсе 22,4 ГэВ/с.....	108
--	-----

<i>Бетекбаев А.А., Калыгулов Д.А., Саков Д.М., Мукашев Б.Н.</i> Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: состояние и перспективы использования проекта KAZPV.....	113
--	-----

**Технические науки**

<i>Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А.</i> Структура эпитаксиальных пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов .....	118
--	-----

<i>Мусабеков Н.Р., Ибраев А.Х., Адильбеков М.Ж.</i> О вопросах разработки гибридной системы управления технологическим процессом на примере управления процессами теплообмена.....	125
--	-----

<i>Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М.</i> Особенности образования кластерных дисперсий в условиях высокой концентрации нуклеатов.....	132
---	-----

<i>Генбач А.А., Джаманкулова Н.О.</i> Исследование тепломассообмена в капиллярно-пористых системах охлаждения нового класса тепловых энергоустановок.....	139
---	-----

<i>Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М.</i> Опыт применения рельсов в странах СНГ и использование его для разработки межгосударственного стандарта.....	146
---	-----

<i>Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Аблалиев С.А.</i> Влияние подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции.....	162
--	-----

<i>Бахтаев Ш.А., Бочкарёва Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р.</i> Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода.....	173
---	-----

**Механика**

<i>Джолдасбеков С.У., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т.</i> Проектирование грузоподъемного рычажного механизма с помощью компьютерной системы Aptm winmachine.....	180
--	-----

**Химия**

<i>Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нуркенов О.А., Сатпаева Ж.Б., Абдыкалыков М.А., Мукашев А.Б., Жакупова А.Н., Мулдахметов М.З.</i> Разработка оптимальных параметров получения брикетного топлива на основе угольных отсевов и угольного шлама.....	186
<i>Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М.</i> Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	193
<i>Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А.Б., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р.</i> Применение эмульсий пикеринга для инкапсуляции гидрофобных агентов.....	200
<i>Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А.</i> Электрохимическое поведение серы в различных средах при поляризации нестационарными токами.....	209
<i>Конурбаев А.Е., Баешов А.Б.</i> Электрохимический способ получения сульфида цинка с применением композиционного сера-графитового электрода.....	214
<i>Баешов А.Б., Коңырбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К.</i> Мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында бірге тотықыздануы.....	222

**Науки о Земле**

<i>Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х.</i> Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	231
<i>Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендяпин А. С.</i> Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	245
<i>Метакса Г.П., Буктуков Н.С.</i> Вулкан Йеллоустон. Научные мифы и реальность.....	252

**Медицина**

<i>Рахимов К.Д., Адекенов С.М.</i> Фармакологическое влияние новых природных препаратов в комбинации с цитостатиками на рост лекарственно резистентных метастазов.....	257
<i>Рахимов К.Д.</i> Индуцирование лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей в условиях доклиники .....	262

**Аграрные науки**

<i>Аубакиров Х.А., Баймukanов Д.А., Рахманов С.С.</i> Особенности распространения мастей в популяции лошадей, разводимых в крестьянском хозяйстве «Бапыш-Сейсенбай» Жамбылской области.....	268
<i>Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е.</i> Функциональные пищевые продукты. Кисломолочные продукты из верблюжьего молока.....	275

**Общественные науки**

<i>Пилипчук Я.В.</i> Падение Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв.....	285
<i>Есенбекова А.Б.</i> К проблеме устойчивого развития экономики и ее зависимости от глобального изменения климата.....	302
<i>Жакипов Б. М.</i> Анализ тенденций развития выставочной деятельности за рубежом.....	309
<i>Насимов М.О.</i> Политический менеджмент: понятие, структура и основные виды.....	316
<i>Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К.</i> Стимулирование труда в реальном секторе экономики: принципы и подходы...	324
<i>Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов К.Е.</i> Политический аспект проблемы религиозного экстремизма.....	332

## CONTENT

**Astrophysics**

<i>Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R.</i> Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars...	5
<i>Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.</i> Two-matrix photometer control system.....	14

**Physics**

<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.</i> Study of scattering of alpha particles from $^{11}\text{B}$ nuclei at 50 and 65 mev.....	20
<i>Omar Zh., Takibayev N.Zh., Kurmangalieva V.O.</i> Phonon-phonon interaction in the crystal lattice of neutron star.....	26

**Chemistry**

<i>Poleshchuk O. Kh., Fateev A. V., Adyrbekova G.M., Ermakhanov M. N., Saidakhmetov P.A.</i> Analysis of the chemical bond in the metallocene using density functional theory.....	34
--	----

<i>Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.</i> Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials.....	42
---	----

**Earth sciences**

<i>Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.</i> Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles....	50
<i>Bitimbayev M.Z., Shemyakin V.S., Skopov S.V.</i> X-ray radiometric enrichment of copper and copper zinc ores of Kazakhstan.....	55
<i>Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.</i> Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure.....	63

**Social sciences**

<i>Kurmanov N., Rakimbekova A., Baktymbet A., Makhatova A.</i> Development of innovative activity in small and medium enterprises in Kazakhstan.....	70
<i>Kolbayev M.K., Nyurlikhina G.B., Tyurabayev G.K.</i> Venture financing of small innovative entrepreneurship.....	80

\* \* \*

**Astrophysics**

<i>Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T.</i> Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars.....	87
<i>Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.</i> Two-matrix photometer control system.....	96

**Physics**

<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.</i> Study of scattering of alpha particles from $^{11}\text{B}$ nuclei at 50 and 65 mev.....	102
<i>Boos E.G., Temiraliiev T., Izbasarov M., Samoilov V.V., Fedosimova A.I.</i> Analisys of events structure in antiproton-Proton annihilation reaction and reaction of proton and antiproton recharging at 22.4 GeV/c.....	108
<i>Betekbayev A.A., Kalygulov D.A., Skakov D.M., Mukashev B.N.</i> Photovoltaic conversion of solar energy: state and perspectives of KAZPV project.....	113

**Technical sciences**

<i>Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Mit' K.A.</i> The structure of SiC epitaxial films, synthesized by substitution of atoms.....	118
<i>Mussabekov N.R., Ibraev A.K., Adilbekov M.J.</i> On the issues of development the hybrid control system by technological process on the example of the control heat exchange processes.....	125
<i>Dairabay D. D., Golubev V.G., Balabekov O.S., Brener A.M.</i> Peculiarities of formation of the cluster dispersions at a high concentration of nuclides.....	132
<i>Genbach A.A., Jamankulova N.O.</i> Study of heat and mass transfer in capillary-porous cooling systems of a new class of energy thermal installations.....	139
<i>Mashekov S.A., Absadykov B.N., Alimkulov M.M.</i> Case history of tracks in CIS countries and their application in developing interstate standard .....	146
<i>Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Ablaiiev S.A.</i> Impact of underground collector on stress strain behaviour of pavement structure.....	162
<i>Bahtayev Sh.A., Bochkareva G.V., Musapirova G.D., Avhadieva F.R.</i> Method for determining the radius of curvature of the discharge electrodes surface.....	173

**Mechanics**

<i>Dzholdasbekov S.W., Ibraev S.M., Sakenova A.M., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T.</i> Design of hoisting bar mechanism with Apm winmachine computer system.....	180
--	-----

**Chemistry**

<i>Fazylov S.D., Zhivotova T.S., Nurkenov O.A., Abdykalykov M.A., Satpaeva Zh.B., Mukashev A.B., Zhakupova A.N., Muldakhetov M.Z.</i> Development of optimal parameters for production of fuel briquettes on the basis of the coal screening leftovers and coal slurries.....	186
---	-----

<i>Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.</i> Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials .....	193
--	-----

<i>Aidarova S., Tleuova A., Issayeva A., Sharipova A., Grigoriev D., Miller R.</i> Application of the pickering emulsion for encapsulation of hydrophobic agents.....	200
<i>Mamyrbekova A., Bayeshov A.B., Mamyrbekova A.</i> Electrochemical behaviour of sulphur in various environments at polarization by non-stationary currents.....	209
<i>Konurbaev A.E., Baeshov A.B.</i> Electrochemical method for producing of zinc sulphide by using sulfur- graphite composite electrode.....	214
<i>Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Adaybekova A.A., Baeshova A.K.</i> Joint restoration of zinc and sulfite ions on glass graphite electrodes.....	222
<b>Earth Sciences</b>	
<i>Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.</i> Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles....	231
<i>Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.</i> Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure.....	245
<i>Metaksa G.P., Buktukov N.S.</i> Yellowstone volcano. Scientific myths and reality.....	252
<b>Medicine</b>	
<i>Rakhimov K.D., Adekenov S.M.</i> Pharmacological effect of new natural drugs in combination with cytostatics on the growth of drug-resistant metastases.....	257
<i>Rakhimov K.D.</i> The induction of drug resistance metastasis of transplantable tumors in preclinical conditions.....	262
<b>Agricultural sciences</b>	
<i>Aubakirov Kh.A., Baimukhanov D.A., Rachmanov S.S.</i> Peculiarities of color types dispersion in population of horses bred at the farm «Bapysh-Seisenbay» IN Zhambyl region.....	268
<i>Asemaeva E.K., Seydakhetmetova Z.Zh., Velyamov T.M., Lesova Zh.T., Nurmuhambetova D.E.</i> Functional foods. Fermented dairy products from camel milk.....	275
<b>Social Sciences</b>	
<i>Pylycphuk Ya.V.</i> Fall of Mogolistan and Uighur states in XVII-XVIII centuries.....	285
<i>Esenbekova A.B.</i> To the problems of the sustainable development of the economy and its dependence on global climate change.....	302
<i>Zhakipov B.</i> Analysis of trends exhibition activities abroad.....	309
<i>Nassimov M.O.</i> Political management: concept, structure and main types.....	316
<i>Panzabekov A.Zh., Tyurabayev G.K.</i> Stimulation of labor in the real sector of the economy: principles and approaches..	324
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism	
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism.....	332

**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 work described 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](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <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 сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *M. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *A.M. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 10.10.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
п.л. Тираж 2000. Заказ 5.

---

*Национальная академия наук РК  
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*