

ISSN 2616-6836

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

**ВЕСТНИК**

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**BULLETIN**

of the L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ** сериясы

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

**PHYSICS. ASTRONOMY** Series

№1(122)/2018

1995 жылдан бастап шығады

Издается с 1995 года

Founded in 1995

Жылына 4 рет шығады

Выходит 4 раза в год

Published 4 times a year

Астана, 2018

Astana, 2018

*Бас редакторы*  
ф.-м.ғ. докторы  
**А.Қ. Арынгазин** (Қазақстан)

*Бас редактордың орынбасары*

**А.Т. Ақылбеков**, ф.-м.ғ.д., профессор  
(Қазақстан)

*Редакция алқасы*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Даулетбекова А.Қ.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Ержанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
<b>Жұмаділов Қ.Ш.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Здоровец М.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Қадыржанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Кутербеков Қ.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Мырзақұлов Р.Қ.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Нұрахметов Т.Н.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Астана қ., Сатпаев к-сі, 2, 408 б.  
Тел.: (7172) 709-500 (ішкі 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Жауапты хатшы, компьютерде беттеген*  
А. Нұрболат

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК  
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген.  
27.03.2018ж. №16999-ж тіркеу куәлігі. Тиражы: 30 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі, 12/1,  
тел.: (7172)709-500 (ішкі 31-428)

*Главный редактор*  
доктор ф.-м.н.  
**А.К. Арынгазин** (Казахстан)

*Зам. главного редактора*

**А.Т. Акылбеков**, доктор ф.-м.н.  
профессор (Казахстан)

*Редакционная коллегия*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Даулетбекова А.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Ержанов К.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Жумадилов К.Ш.</b>	доктор PhD (Казахстан)
<b>Здоровец М.</b>	к.ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кадыржанов К.К.</b>	ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кутербеков К.А.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.н., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Мырзакулов Р.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Нурахметов Т.Н.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Казахстан)

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2, каб. 408  
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Ответственный секретарь, компьютерная верстка*  
А. Нурболат

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия.**  
**ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 30 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажимукана, 12/1,

тел.: (7172)709-500 (вн. 31-428)

*Editor-in-Chief*  
Doctor of Phys.-Math. Sciences  
**A.K. Aryngazin** (Kazakhstan)

*Deputy Editor-in-Chief*

**A.T. Akilbekov**, Doctor of Phys.-Math. Sciences,  
prof. (Kazakhstan)

*Editorial board*

<b>Aldongarov A.A.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Balapanov M.Kh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Bakhtizin R.Z.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
<b>Dauletbekova A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
<b>Giniyatova Sh.G.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kadyrzhanov K.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Kainarbay A.Zh.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kuterbekov K.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Lushchik A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Estonia)
<b>Morzabayev A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Myrzakulov R.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Nurakhmetov T.N.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Sautbekov S.S.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Tleukenov S.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
<b>Useinov A.B.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Yerzhanov K.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD(Kazakhstan)
<b>Zdorovets M.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Zhumadilov K.Sh.</b>	PhD (Kazakhstan)

*Editorial address:* 2, Satpayev str., of.408, Astana, Kazakhstan, 010008  
Tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)  
E-mail: vest\_phys@enu.kz

*Responsible secretary, computer layout:*  
A.Nurbolat

**Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. PHYSICS. ASTRONOMY Series**

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan. Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018. Circulation: 25 copies

Address of printing house: 12/1 Kazhimukan str., Astana, Kazakhstan 010008;  
tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№1(122)/2018

МАЗМҰНЫ

**ФИЗИКА**

<i>Ақылбеков А.Т., Бижанова С.Б., Баубекова Г.М., Карипбаев Ж.Т.</i> «Таза» кристалдардың импульстік катодолюминесценция спектрлері	8
<i>Ахметова Г.А.</i> DVB-T және DVB-T2 жерсеріктік эфирлік хабар тарату желісінің қамту аймағын анықтаудың стандарттары мен әдіснамасын салыстыру	13
<i>Алдонгаров А.А., Асылбекова А.М., Иргібаева И.С., Ермекова Ж.К.</i> Родамин бояғышы мен CdS кластерлерінің кешендерінде электрондық ауысулардың табиғатын анықтау	19
<i>Бекова Г.Т., Уалиханова У.А., Есмаханова К.Р.</i> (2+1)-комплекті модификациялан Кортевег–де Фриз және Максвелл–Блох теңдеулерінің сақталу заңдары	28
<i>Борзев Д.Б., Здоровец М.В., Козловский А.Л.</i> Сыртқы факторлардың әсерінен металл наноқұрылымдарының құлдырауын зерттеу	33
<i>Қадыржанов Д.Б., Здоровец М.В., Козловский А.Л., Петров А.В.</i> Zn нанотүтікшелерінің құрылымдық қасиеттеріне сәулелендіру әсерін зерттеу	40
<i>Калиекперов М.Е., Козловский А.Л., Қадыржанов К.К.</i> Полимерлік матрицалар негізінде иондаушы сәуледен жұқа қорғаныш жабындарын синтездеу	46
<i>Жасыбаева М.Б., Нугманова Г.Н.</i> Интегралданатын Фокас-Ленэллстың теңдеуіне эквивалентті спиндік жүйе	53
<i>Есмаханова К.Р., Жубаева Ж.С., Тәпеева С.Қ.</i> (1+1)-өлшемді локалды емес бейсызықты Шредингер теңдеуінің нақты шешімдері	58
<i>Мусабаева Г.К., Ақылбеков А.Т., Мусабаев К.К.</i> Атомдардың өздігінен сәуле шығаруы туралы	64
<i>Мурзалынов Д.О., Власукова Л.А., Пархоменко И.Н., Комаров Ф.Ф., Ақылбеков А.Т., Мудрый А.В., Рябикин Ю.А., Гиниятова Ш.Г., Даулетбекова А.К.</i> Азотпен имплантталған кремний нитридті қабықшаларының люминесценциясы	68
<i>Морзабаев А.К., Гиниятова Ш.Г., Шаханова Г.А., Алымханова К., Айданұлы Б., Махмұтов В.С.</i> Астана қаласының Жер беті маңындағы дозалық және электрлік сипаттамаларын талдау	75
<i>Даулетбекова А., Баймұханов З., Козловский А., Гиниятова Ш., Мурзағалиев М., Журкин Е., Наурызбаева Р.</i> SiO <sub>2</sub> /Si тіректі темплэйт негізінде нанокөмізгітті материалдарды зерттеу және әзірлеу	82
<i>Даулетбекова А., Скуратов В., Маника И., Маникс Я., Забельс Р., Кирилкин Н., Ақылбеков А., Гиниятова Ш., Байжуманов М., Сейтбаев А., Кудайбергенова С.</i> Люминесценцияның өшуінің дислокациялану механизмі	91

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА.

№1(122)/2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА	
<i>Акылбеков А.Т., Бижанова С.Б., Баубекова Г.М., Карипбаев Ж.Т.</i> Спектры импульсной катодолюминесценции «чистых» кристаллов	8
<i>Ахметова Г.</i> Сравнение стандартов и методика определения зоны покрытия сети цифрового наземного вещания DVB-T и DVB-T2	13
<i>Алдонгаров А.А., Асылбекова А.М., Иргибоева И.С., Ермекова Ж.К.</i> Определение природы электронных переходов в комплексах родаминового красителя и кластерах CdS	19
<i>Бекова Г.Т., Уалиханова У.А., Есмаханова К.Р.</i> Законы сохранения для (2+1)-мерных уравнений комплексно модифицированного Кортевега-де Фриза и Максвелла-Блоха	28
<i>Боржекков Д.Б., Здоровец М.В., Козловский А.Л.</i> Изучение деградации металлических наноструктур под действием внешних факторов	33
<i>Кадыржанов Д.Б., Здоровец М.В., Козловский А.Л.</i> Петров А.В, Исследование влияния облучения на структурные свойства Zn нанотрубок	40
<i>Калиекперов М.Е., Козловский А.Л., Кадыржанов К.К.</i> Синтез тонких защитных покрытий от ионизирующего излучения на основе полимерных матриц	46
<i>Жасыбаева М.Б., Нугманова Г.Н.</i> Спиновая система, эквивалентная интегрируемому уравнению Фокаса-Ленэллса	53
<i>Есмаханова К.Р., Жубаева Ж.С., Тапеева С.Қ.</i> Нелокальные нелинейные уравнения Шредингера и ее точные решения	58
<i>Мусабаева Г.К., Акылбеков А.Т., Мусабаев К.К.</i> К вопросу возникновения спонтанного излучения атомов	64
<i>Мурзалинов Д.О., Власукова Л.А., Пархоменко И.Н., Комаров Ф.Ф., Акылбеков А.Т., Мудрый А.В., Рябикин Ю.А., Даулетбекова А.К., Гиниятова Ш.Г.</i> Люминесценция пленок нитрида кремния, имплантированных азотом	68
<i>Морзабаев А.К., Гиниятова Ш.Г., Шаханова Г.А., Алимханова К., Айданұлы Б., Махмұтов В.С.</i> Анализ дозовых и электрических характеристик в приземном слое атмосферы г. Астаны	75
<i>Даулетбекова А., Баймуханов З., Козловский А., Гиниятова Ш., Мурзагалиев М., Журкин Е., Наурызбаева Р.</i> Разработка и исследование нанокompозитных материалов на основе трекового темплэйта $SiO_2/Si$	82
<i>Даулетбекова А., Скуратов В., Маника И., Маникс Я., Забельс Р., Кирилкин Н., Акылбеков А., Гиниятова Ш., Байжуманов М., Сейтбаев А., Кудайбергенова С.</i> Дислокационный механизм затухания люминесценции	91

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.  
PHYSICS.ASTRONOMY SERIES

№1(122)/2018

CONTENTS

PHYSICS

<i>Akylbekov A.T., Bizhanova S.B., Baubekova G.M., Karipbayev Zh.T.</i> The pulsed cathodoluminescence spectra of "pure" crystals	8
<i>Akhetmetova G.</i> Comparison of standards and methodology of determining the coverage area of the digital terrestrial broadcasting network DVB-T and DVB-T2	13
<i>Aldongarov A.A., Assilbekova A.M., Irgibaeva I.S., Ermekova Zh.K.</i> Determination of the nature of electronic transitions in the complexes of rhodamine dye and CdS clusters	19
<i>Bekova G.T., Ualikhanova U.A., Yesmakhanova K.R.</i> Conservation laws of the (2+1)-dimensional complex modified Korteweg-de Vries and Maxwell-Bloch equations	28
<i>Borgekov D.B., Zdorovets M.V., Kozlovskiy A.L.</i> Study of the degradation of metallic nanostructures under the influence of external factors	33
<i>Kadyrzhanov D.B., Zdorovets M.V., Kozlovskiy A.L., Petrov A.V.</i> Investigation of the effect of irradiation on the structural properties of Zn nanotubes	40
<i>Kaliyekperov M.E., Kozlovskiy A.L., Kadyrzhanov K.K.</i> Synthesis of thin protective coatings from ionizing radiation based on polymer template	46
<i>Nugmanova G.N., Zhassybayeva M.B.</i> Spin system equivalent to the integrable Fokas-Lenells equation	53
<i>Yesmakhanova K.R., Zhubaeva Zh.S., Tapeyeva S.K.</i> Exact solutions of the (1+1)-dimensional nonlocal nonlinear Schrodinger equation	58
<i>Musabayeva G.K., Akylbekov A.T., Musabayev K.K.</i> On the origin of spontaneous emission of atoms	64
<i>Murzalinov D.O., Vlasukova L.A., Parkhomenko I.N., Komarov F.F., Akilbekov A.T., Mudryi A.V., Ryabikin Yu.A., Giniyatova Sh.G., Dauletbekova A.K.</i> The photoluminescence of nitrogen-implanted silicon nitride films	68
<i>Morzabaev A.K., Giniyatova Sh.G., Shakhanova G.A., Alimkhanova K., Aidanuli B., Makhmutov B.S.</i> Analysis of dose and electrical characteristics in the underground layer of astana atmosphere	75
<i>Dauletbekova A., Baymukhanov Z., Kozlovskii A., Giniyatova Sh., Murzagaliyev M., Zhurkin E., Nauryzbaeva P.</i> Development and research for nanocomposite materials based on track templates of $SiO_2/Si$	82
<i>Dauletbekova A., Skuratov V., Manika I., Maniks J., Zabels R., Kirilkin N., Akilbekov A., Giniyatova Sh., Baizhumanov M., Seitbayev A., Kudaibergenova S.</i> Dislocation mechanism of fading of luminescence intensity	91

**М.Е. Калиекперов, А.Л. Козловский, К.К. Кадыржанов**

*Евразийский национальный университет и.м. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан  
(E-mail: [vostokuka@mail.ru](mailto:vostokuka@mail.ru))*

**Синтез тонких защитных покрытий от ионизирующего излучения на основе полимерных матриц**

**Аннотация:** В данной работе рассмотрено получение тонкопленочных покрытий на основе меди методом электрохимического анализа. Проведен теоретический расчета длин пробега и определение эффективности поглощения на основе экспериментальных данных по экранированию тяжелых ионов.

**Ключевые слова:** тонкопленочные экраны, электрохимическое осаждение, металлические наноструктуры

**Введение.** Одной из главных задач, стоящих перед современной аэрокосмической промышленностью, является обеспечение высоких показателей эксплуатационной надежности приборов и аппаратуры в условиях повышенного уровня радиационных воздействий различного типа (электроны, протоны и тяжелые заряженные частицы, рентгеновское и гамма излучения). Используемые сегодня стандартные методы решения проблемы повышения радиационной стойкости не позволяют достичь полной изоляции от внешнего воздействия. В связи с этим логично использовать дополнительно локальную защиту отдельных узлов электронных приборов. Локальное экранирование, повышая радиационную резистивность, в то же время, не несет значительных увеличений габаритно-массовых характеристик [2].

Новое поколение стойких, легких материалов, способных удовлетворить эту потребность, стыкуется с развивающейся областью нанотехнологий. Подход к изготовлению этих материалов является восходящим, так материалы будущего могут быть разработаны для нескольких функций, когда свойства материала для одной функции являются подходящими для другой.

Металлические наноструктуры (НС) обладают рядом свойств, которые позволяют использовать их в качестве основного строительного блока для многофункциональных материалов. К таким свойствам можно отнести высокую прочность, жесткость, но при этом малый вес. Также высокая осевая теплопроводность НС дает возможность их применения в качестве пассивных тепловых трубок для переноса тепла от горячих пятен на теплозащитных экранах в более холодные области, в результате чего тепловые экраны становятся легче и тоньше [3, 4].

В настоящее время проводится множество исследований по созданию многофункциональных материалов на основе таких НС для разработки единой экранной поверхности, которая будет соответствовать следующим требованиям: малого веса, повышенной функциональности, безопасности и доступности для космических исследований [5]. Целью данной работы является синтез тонкопленочных покрытий на основе меди с целью создания защитных экранов, отвечающих всем требованиям описанным ранее.

**Экспериментальная часть.** Для получения защитных покрытий в качестве матриц были использованы полимерные пленки на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ) типа Hostaphan<sup>®</sup> производства фирмы "Mitsubishi Polyester Film" (Германия), толщиной 12 мкм.

Синтез тонкопленочных покрытий производился методом электрохимического анализа (ЭХО) металлов из растворов электролитов. Состав раствора:  $\text{CuSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  (238г/л),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (21г/л). Осаждение металла проводилось при разности потенциалов 1.0 В.

Для определения длины пробега ускоренных ионов в металлических наноструктурных слоях проведен теоретический расчет потерь энергии на электронах и ядрах исследуемых наноструктур с помощью программы "SRIM 2013 Pro".



Изучение морфологических и структурных особенностей синтезированных наноструктур проводилось на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEOL-7500F при ускоряющем напряжении 5,0 кВ.

Исследование элементного состава и структурных особенностей проводилось с использованием растрового электронного микроскопа Hitachi TM3030 с системой микроанализа BrukerXFlash MIN SVE при ускоряющем напряжении 15 кВ.

Для определения влияния ионизационного излучения на структурные и проводящие свойства экранов, синтезированные экраны были подвергнуты ионизирующему излучению. Облучение полученных образцов металлических НТ в полимерных матрицах проводилось на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60 Астанинского филиала Института Ядерной Физики г.Астана. Исходя из возможностей ускорителя и теоретических расчетов пробега ионов в исследуемых металлических НС, наиболее продуктивными ионами для облучения являются ионы  $\text{Xe}^{+22}$  с энергией 1.75 МэВ/нуклон.

**Результаты и обсуждение.** Для определения толщины слоев металлических экранов был произведен теоретический расчет длины пробега налетающих частиц в программе SRIM-PRO 2013. В качестве исследуемых металлических НС рассматривались слои меди и никеля. В качестве налетающих пучков рассматривались ускоренные ионы  $\text{Xe}^{+22}$ . На рисунке 1 представлен профили треков ионов  $\text{Xe}^{+22}$  в слое меди толщиной 10 мкм.

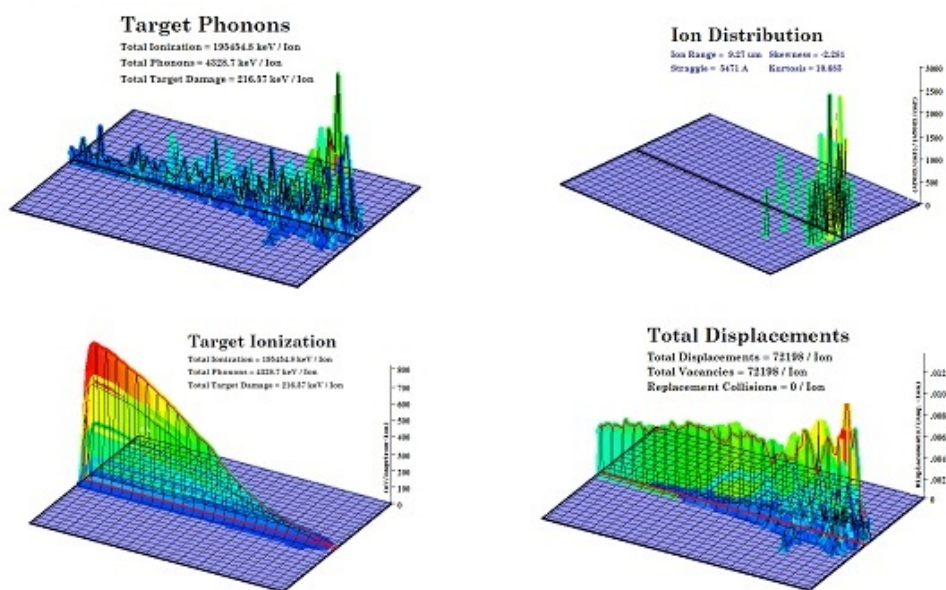


Рисунок 1 – Профили треков ионов  $\text{Xe}^{+22}$  в слое меди толщиной 10 мкм

Анализ диаграмм позволил сделать следующие выводы:

- Глубина проникновения ионов  $\text{Xe}^{+22}$  в меди составляет 10,3 мкм, при этом глубина наибольших ионизационных потерь составляет 9,27 мкм, что обусловлено неупругими взаимодействиями налетающих частиц с атомами кристаллической решетки защитного экрана.
- Наибольшие фотонные потери наблюдаются на глубине 9,5 - 9,8 мкм, что обусловлено миграцией выбитых электронов, взаимодействующих с электронными оболочками, а также друг с другом. Увеличение числа выбитых электронов на глубине 8 - 9 мкм обусловлено потерей энергии налетающих частиц и вследствие чего увеличением неупругих столкновений.
- При прохождении ионов  $\text{Xe}^{+22}$  наблюдается увеличение температурного нагрева образцов по глубине, вызванного процессами ионизации и неупругими столкновениями. В результате чего на глубине образца 8 - 9 мкм наблюдается значительное увеличение

вклада в дефектообразование от локального нагрева, в следствие которого происходит увеличение тепловых колебаний решетки, что способно привести к изменению кристаллической структуры, частичной аморфизации и изменению электронных оболочек атомов.

На основании полученных результатов теоретических расчетов были установлены оптимальные толщины слоя меди. Для синтеза защитных экранов использовался метод электрохимического осаждения, поскольку он позволяет достаточно просто контролировать процесс формирования структур и их элементный состав путем варьирования условий осаждения. Процесс осаждения контролируется при помощи хроноамперограмм, который показан на рисунке 2.

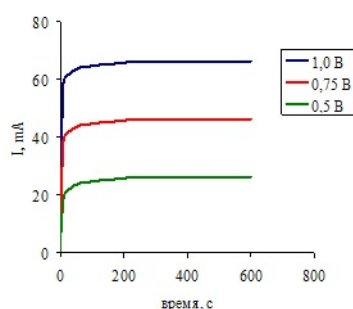


Рисунок 2 – Хроноамперограмма процесса осаждения меди

Анализ хроноамперограммы позволяет сделать вывод об однородности процесса осаждения. Также очевидна прямая зависимость плотности тока от разности потенциалов осаждения. Причем, увеличение разности потенциалов на 0,25В приводит к линейному увеличению плотности тока на 20мА. При увеличении плотности тока за счет увеличения разности потенциалов на электродах в процессе роста наноструктурных слоев наблюдается адсорбция примесей водорода, анионов солей, а также гидроксидов, часть которых выпадает в осадок на поверхность шаблонной матрицы, но часть из образовавшегося осадка включается в кристаллическую структуру растущих пленок. Примеси, попавшие в структуру структуры, способны деформировать решетку кристаллитов. Так как при ЭХО ионы металлов подводятся по нормали к поверхности катода, блокировка мест роста способна изменить движение ионов к катоду. Если ионы обладают энергией, достаточной для преодоления блокирующей пленки, образовавшейся в процессе роста, по нормали к ее поверхности, то движение ионов осуществляется в направлении роста с осью текстуры [110]. Если же ионы не обладают такой энергией, то реализуется тангенциальный рост текстуры с осью [111]. При этом увеличение плотности тока способно привести к изменению среднего размера зерен из которых формируется наноструктурный слой. При этом увеличение размера зерна способно привести к изменению морфологии поверхности, а также к появлению неоднородности по высоте. На рисунке 3 представлены РЭМ изображения поверхности защитных экранов полученных при разных условиях осаждения.



Рисунок 3 – РЭМ изображения поверхности защитных экранов на основе меди

Анализ полученных РЭМ - изображений показал, что с увеличением разности потенциалов наблюдается увеличение среднего размера зерен, из которых формируется слой. При

этом наблюдается появление крупных фракций на поверхности образца, появление которых связано с образованием осадка в результате перенапряжений в растворе электролита. На рисунке 4 представлены диаграммы изменения среднего размера зерен для каждой разности потенциалов.

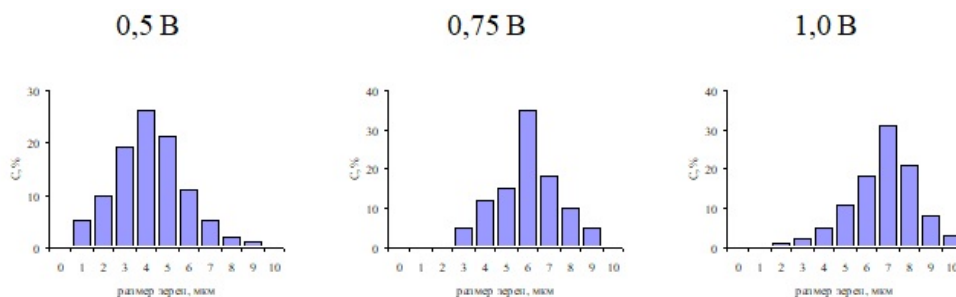


Рисунок 4 – Диаграммы изменения среднего размера зерен для каждой разности потенциалов

В таблице 1 представлены технические характеристики тестируемых образцов.

Таблица 1 – Характеристики образцов

Наименование	Условия получения	Габаритные размеры (см x см)	Толщина, мкм	Толщина ПЭТФ пленки, мкм
Cu - 1	U=0,5 В, t = 10 мин	2 x 2	5,3	12 мкм
Cu - 2	U=0,75 В, t = 10 мин	2 x 2	7,5	12 мкм
Cu - 3	U=1 В, t = 10 мин	2 x 2	10,8	12 мкм

Опираясь на данные диаграммы, можно сделать вывод о том, что увеличение разности потенциалов при ЭХО ведет к увеличению среднего размера зерна.

Для определения коэффициента эффективности поглощения защитных экранов полученные образцы были облучены на ускорителе тяжелых ионов ДЦ - 60. В качестве налетающих пучков использовались ускоренные ионы  $\text{Xe}^{+22}$  с энергией 1,75 МэВ/нуклон. Облучение образцов проводилось при комнатной температуре в вакууме, доза облучения составила  $1.0\text{E}+09$   $1/\text{м}^2$ .

Применение полимерных пленок в качестве матриц позволяет не только получать защитные экраны с требуемыми параметрами, но и одновременно может служить в качестве пленочного детектора для определения плотности прошедшего пучка ионов сквозь защитный экран. Так, после облучения защитные экраны были удалены с полимерных пленок, которые служили пленочными детекторами. Затем полимерные пленки были подвержены химическому травлению в водном растворе щелочи NaOH при температуре 85С в течение 70 с. Химическое травление было применено для визуализации полученных треков от ионов прошедших сквозь защитные экраны. На рисунке 5 представлены РЭМ изображения полимерных пленок облученных без экранного покрытия для определения плотности облучения. Плотность полученных пор в результате облучения анализировалась при помощи программного обеспечения MARKER 12.

Анализ полученных РЭМ снимков полимерной пленки показал, что плотность облучения составляет  $1,04\text{E}+09$   $1/\text{см}^2$ , что хорошо согласуется с показаниями детекторов фиксирующих плотность потока ионов в канале. При этом на снимке видно, что в результате облучения наблюдаются скрещенные и пересекающиеся поры, что обусловлено большой плотностью пучка. На рисунке 6 представлены РЭМ изображения полученных образцов после облучения с использованием защитных экранов на основе меди и никеля различной толщины.

Как видно из полученных РЭМ - снимков с увеличением толщины слоя наблюдается снижение плотности пор на поверхности полимерных матриц, при чем для медных экранов полученных при разности потенциалов 1,0 В и толщиной 10,8 мкм наблюдается лишь незначительное количество пор, что свидетельствует о максимальном поглощении потока

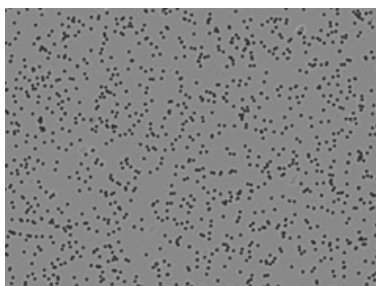


Рисунок 5 – РЭМ изображение полимерной пленки после облучения без защитного экрана

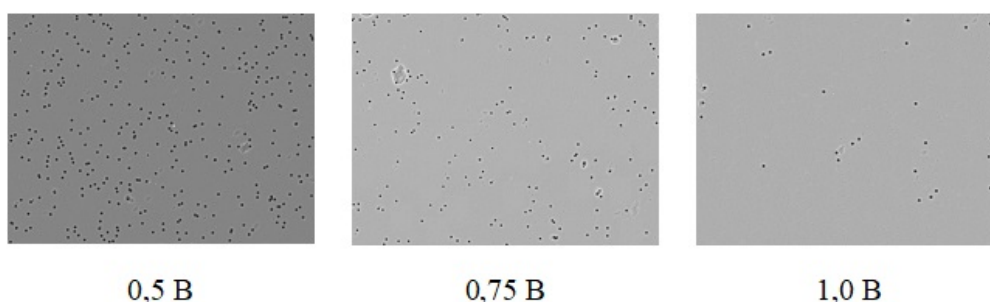


Рисунок 6 – РЭМ - изображения полимерных матриц после облучения медных экранов

ионов. Также наблюдается изменение диаметра пор полученных при одинаковом времени травления, что обусловлено разницей в энергии попадающих ионов в полимерную пленку.

На основании полученных снимков были рассчитаны плотности пор полимерных пленок после облучения защитных экранов. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные плотности пор

Наименование	Плотность пор, 1/см <sup>2</sup>
Исходная ПЭТФ	1,04E+09
Cu - 1	7,01E+08
Cu - 2	5,05E+07
Cu - 3	1,02E+07

На основании полученных плотностей пор был рассчитан коэффициент эффективности защитных экранов. На рисунке 7 представлены диаграммы изменения коэффициента поглощения для защитных экранов на основе меди и никеля.



Рисунок 7 – Диаграммы изменения коэффициента поглощения для защитных экранов

Анализ полученных диаграмм показал, что наибольшей эффективностью поглощения обладают защитные экраны на основе меди толщиной 10,8 мкм, что подтверждает теоретический расчет.

Снижение дозы облучения увеличивает срок службы приборов, при этом применение полимерных матриц позволяет применять защитные экраны для покрытия сложнопрофильных поверхностей, в тоже время не увеличивая массу прибора.

**Закключение.** В настоящей работе был рассмотрен синтез защитных экранов на основе методом ЭХО. Для исследования структурных и морфологических свойств полученных образцов использовался метод РЭМ. Проведен теоретический расчет длин пробега тяжелых ионов в металле с помощью программы SRIM PRO 2013. На основании данных расчетов были установлены оптимальные толщины синтезируемых образцов.

Анализ облученных образцов показал, что наибольшей эффективностью поглощения обладают защитные экраны на основе меди толщиной 10,8 мкм, что подтверждает теоретический расчет.

На основании изложенного можно подвести итог: полученные образцы защитных покрытий на основе меди имеют перспективу применения при изготовлении радиационно-стойких защитных экранов.

## Список литературы

- 1 Popov V.N. Carbon nanotubes: properties and application // Materials Science and Engineering -2014.-P. 61-102.
- 2 Wilson J.W. Materials for shielding astronauts from the hazards of space radiation // Mat. Res. Soc. Symp. Proc. - 1999. - V. 551. - P. 3-15.
- 3 Zhong W.H., Sui G., Jana S., Miller S. Cosmic radiation shielding tests for UHMWPE fiber/nano-epoxy composites // Composites Science and Technology. 2009. V. 69. P. 2093-2097
- 4 A.V. Krashennnikov., F. Banhart Engineering of nanostructured carbon materials with electron or ion beams // Nat. Mater. 2007. V. 6. P. 723-733

М.Е. Калиекперов, А.Л. Козловский, К.К. Қәдіржанов

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

**Полимерлік матрицалар негізінде иондаушы сәуледен жұқа қорғаныш жабындарын синтездеу**

**Аннотация:** Бұл жұмыста жұқакабыршықты жабындарды мыс негізіндегі электрохимиялық әдісімен талдау алу қаралды. Қашықтықтың ұзындығын теориялық есептеу және сініру тәжірибеліктік деректер негізінде бойынша ауыр иондарды экрандау тиімділігін анықтау.

**Түйін сөздер:** жұқа қабықшалы экрандар, электрохимиялық тұндыру, металл наноқұрылымдары.

М.Е. Kaliyekperov, A.L. Kozlovskiy, K.K. Kadyrzhanov

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**Synthesis of thin protective coatings from ionizing radiation based on polymer template**

**Abstract:** In this paper, we consider the preparation of thin-film coatings based on copper by electrochemical analysis. The mean free path has been theoretically calculated and the absorption efficiency has been defined using experimental data on the screening of heavy ions.

**Keywords:** thin-films shields, electrochemical deposition, metal nanostructures.

## References

- 1 Popov V. N. Carbon nanotubes: properties and application, Materials Science and Engineering: R: Reports, 61-102,(2014)
- 2 Wilson J.W. Materials for shielding astronauts from the hazards of space radiation, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 551, 3-15 (1999).
- 3 Zhong W. H., Sui G., Jana S., Miller J. Cosmic radiation shielding tests for UHMWPE fiber/nano-epoxy composites, Composites Science and Technology, 69, 2093-2097 (2009).
- 4 Krashennnikov A.V., Banhart F. Engineering of nanostructured carbon materials with electron or ion beams, Nature materials, 6, 723 (2007).

**Сведения об авторах:**

*Калиекперов М.Е.* - Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сәтпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

*Қәдіржанов Қ.К.* - физика-математика ғылымдарының докторы, Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сәтпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

*Козловский А.Л.* - PhD, қатты дене физикасы зертханасының инженері, АФ ИЯФ, Абылай хан к. 2/1, Астана, Қазақстан.

*Kaliekperov M.E.* - Master student of International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpaev str., Astana, Kazakhstan.

*Kadyrzhanov K.K.* - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpaev str., Astana, Kazakhstan.

*Kozlovskiy A.L.* - PhD, Engineer of the Laboratory of Solid State Physics of the Astana branch of the Institute of Nuclear Physics, 2/1, Abylai Khan str., Astana, Kazakhstan.

*Поступила в редакцию 23.01.2018*