

ISSN (Print) 2616-6836
ISSN (Online) 2663-1296

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

Бас редакторы:
ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ
А.Т. Ақылбеков (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары **Гиниятова Ш.Г.** ф.-м.ғ.к., доцент
Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ (Қазақстан)

Редакция алқасы

Арынгазин А.Қ.	ф.-м.ғ. докторы, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
Алдонгаров А.А.	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Балапанов М.Х.	ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
Бахтизин Р.З.	ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
Даулетбекова А.Қ.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Ержанов Қ.К.	ф.-м.ғ.к., PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Жұмаділов Қ.Ш.	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Здоровец М.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
Қадыржанов Қ.К.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Кайнарбай А.Ж.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Кутербеков Қ.А.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Лущик А.Ч.	ф.-м.ғ.д., проф., Тарту университеті (Эстония)
Морзабаев А.К.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Мырзақұлов Р.Қ.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
Нұрахметов Т.Н.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Сауытбеков С.С.	ф.-м.ғ.д., проф., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Қазақстан)
Салиходжа Ж.М.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Тлеукенов С.К.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Усеинов А.Б.	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Хоши М.	PhD, проф., Коши университеті (Жапония)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, 402 б.,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.
Тел.: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: Г. Мендыбаева

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. Басуға 05.06.2020 ж. қол қойылды. Жазылу индексі: 76093
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.
№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Ашық қолданудағы электрондық нұсқа: <http://bulphysast.enu.kz/>

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 102 б.,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief

Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, ENU
A.T. Akilbekov (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

Giniyatova Sh.G., Candidate of Phys.-Math. Sciences,
Assoc. Prof., ENU (Kazakhstan)

Editorial Board

Aryngazin A.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Aldongarov A.A.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Balapanov M.Kh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Bakhtizin R.Z.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Dauletbekova A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Hoshi M.	PhD, Prof., Kyushu University (Japan)
Kadyrzhanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Kuterbekov K.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Lushchik A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Tartu (Estonia)
Morzabayev A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Myrzakulov R.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Nurakhmetov T.N.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., KazNU (Kazakhstan)
Salikhodzha Z. M	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Tleukenov S.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Useinov A.B.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Yerzhanov K.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Zdorovets M.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Zhumadilov K.Sh.	PhD, ENU (Kazakhstan)

Editorial address: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 402,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: G. Mendybayeva

Bulletin of 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. Signed in print 05.06.2020. Subscription index: 76093

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Available at: <http://bulphysast.enu.kz/>

Address of printing house: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 12/1 Kazhimukan str.,

Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор:
доктор ф.-м.н., профессор
А.Т. Акилбеков, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Зам. главного редактора

Ш.Г. Гиниятова к.ф.-м.н., доцент
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Редакционная коллегия

Арынгазин А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Алдонгаров А.А.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Балапанов М.Х.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Бахтизин Р.З.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Даулетбекова А.К.	д.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Ержанов К.К.	к.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кадыржанов К.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кутербеков К.А.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Лущик А.Ч.	д.ф.-м.н., проф., Тартуский университет (Эстония)
Морзабаев А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Сауытбеков С.С.	д.ф.-м.н., проф., КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан)
Салиходжа Ж.М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Тлеукунов С.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Хоши М.	PhD, проф., Коши университет (Япония)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, каб. 402, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: Г. Мендыбаева

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. Подписано в печать 05.06.2020 г. Подписной индекс: 76093

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Электронная версия в открытом доступе: <http://bulphysast.enu.kz/>

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. тел.: +7(7172)709-500 (вн. 31-428)

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

№2(131)/2020

МАЗМҰНЫ

<i>Калманова Д.М., Сарбаева Д.С.</i> Нанокұрылымды электродты органикалық күнэлементтері құрылысының сипаттамаларына электрлік әсер ету	8
<i>Ергалиұлы Ғ., Морзабаев А.К., Амангелді Н., Бозтосун И., Мәуей Б., Болат Н., Тәңірберген А.</i> ¹² C ядросынан ¹⁰ B серпімді шашырауы кезіндегі ауысым механизмдерінің үлесін зерттеу	17
<i>Ергалиев Д.С., Каримов С.Г., Советқажиев А.Е., Алимов Д.А., Қуандыжова А.Г., Социалов Р.С.</i> Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе сигналдарының модуляцияларын зерттеу	23
<i>Базарбек А.Б., Инербаев Т.М., Сағатов Н.Е., Ақилбеков А.Т.</i> Жер ядросының жоғары температуралары мен қысымдарындағы темір фосфидтерінің жай- күйі теңдеулерінің алғашқы ретгі есептері	35
<i>Жакупова А.Е., Ондрисов Д.Б., Канафин М.Ж., Аукатова Н.К., Құрманбек Б.Н.</i> Зымыран-ғарыш техникасының бөлшектерін өндіруде абразивті өңдеу проблемасын шешу	42
<i>Ашуров А.Е., Бақыт М.А.</i> Дифференциалдық көтеруді және тасуды қолдану арқылы жерсеріктердің топтық ұшуын басқаруды зерттеу	50
<i>Нураخمатов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Доломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Садыкова Б.М., Жаңылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> K ₂ SO ₄ және K ₂ SO ₄ -Тl кристалдарындағы меншікті сәулеленудің пайда болуы мен қармау орталықтарының түзілуі	59
<i>Баубекова Г.М., Асылбаев Р.Н., Гиниятова Ш.Г.</i> MgO кристалдарының жылдам ауыр иондармен радиациялық зақымдануы	69
<i>Мұстафинов Е.Қ., Рамазанова Ж.М.</i> «Бәйтерек» жаңа Ғарыш зымыран кешенін әзірлеу мәселелері	78
<i>Ергалиұлы Ғ., Амангелді Н., Мәуей Б., Солдатхан Д.</i> Энергиясы 12-30 МэВ аралығындағы ⁹ Be ядросының ²⁸ Si ядросынан серпімді шашырауын оптикалық модель негізінде талдау	87
<i>Джансейитов Д.М., Буртебаев Н., Алимов Д., Насурлла М., Мауей Б., Валиолда Д.С., Аймағанбетов А., Ергалиұлы Ғ.</i> Төмен энергияда дейтрондардың ¹³ C ядросынан серпімді шашырауын эксперименттік зерттеу	92
<i>Сейтбаев А., Скуратов В., Ақилбеков А., Даулетбекова А., Здоровец М.</i> LiF кристалы ионолюминесценциясының кинетикасы	99

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

№2(131)/2020

CONTENTS

<i>Kalmanova D.M., Sarbayeva D.S.</i> Influence of electrical impacts on the device characteristics of organic solar cells with a nanostructure electrode	8
<i>Yergaliuly G., Morzabayev A.K., Amangeldi N., Boztosun I., Mauyey B., Bolat N., Tangirbergen A.</i> Investigation of the contribution of exchange mechanisms to the elastic scattering ^{10}B on the nucleus ^{12}C	17
<i>Yergaliyev D.S., Mukanova K.K., Sovetkashiev A.Y., Alimov D.A., Kuandykova A.G., Socialov R.S.</i> Research of Signal Modulations of the Global Navigation Satellite System	23
<i>Bazarbek A.B., Inerbaev T.M., Sagatov N.E., Akilbekov A.T.</i> First principle calculations of iron phosphide state equations at high temperatures and pressures of the Earth's core	35
<i>Zhakupova A.Y., Ondrisov D.B., Kanafin M.Z., Aukatova N.K., Kurmanbek B.N.</i> Solving the Problem of Abrasive Machining in the Production of Rocket and Space Technology Details	42
<i>Ashurov A.E., Bakyt M.A.</i> Study of satellite group flight control using differential lift and transfer	50
<i>Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Dolomatov M.Y., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Z., Daurenbekov D.H., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N.</i> The creation of the intrinsic emission spectrum and the formation of capture centers in K_2SO_4 and $\text{K}_2\text{SO}_4\text{-Tl}$ crystals	59
<i>Baubekova G.M., Asylbaev R.N., Giniyatova Sh.</i> Radiation Damage caused by swift heavy ions in MgO crystals	69
<i>Mustafinov E.K., Ramazanova Zh.M.</i> Development issues of a new SRC "Baiterek"	78
<i>Yergaliuly G., Amangeldi N., Mauyey B., Soldatkhan D.</i> Analysis of elastic scattering of the ^9Be nucleus from ^{28}Si in the energy range of 12-30 MeV in the framework of an optical model	87
<i>Janseitov D.M., Burtebayev N., Alimov D., Nassurlla M., Mauyey B., Valiolda D.S., Aimaganbetov A., Yergaliuly G.</i> Experimental study of deuterons elastic scattering from ^{13}C at low energies	92
<i>Seitbayev A., Skuratov V., Akilbekov A., Dauletbekova A., Zdorovets M.</i> Kinetics of LiF crystals ion luminescence	99

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

№2(131)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Калманова Д.М., Сарбаева Д.С.</i> Влияние электрических воздействий на характеристики устройства органических солнечных элементов с наноструктурированным электродом	8
<i>Ергалиұлы Ғ., Морзабаев А.К., Амангелді Н., Бозтосун И., Мәуей Б., Болат Н., Тәңірберген А.</i> Исследование вклада обменных механизмов в упругое рассеяние ^{10}B на ядре ^{12}C	17
<i>Ергалиев Д.С., Каримов С.Ғ., Советкажиев А.Е., Алимов Д.А., Куандыкова А.Ғ., Социалов Р.С.</i> Исследование модуляций сигналов Глобальной навигационной спутниковой системы	23
<i>Базарбек А.Б., Инербаев Т.М., Сагатов Н.Е., Акилбеков А.Т.</i> Первопринципные расчеты уравнений состояния фосфидов железа при высоких температурах и давлениях ядра Земли	35
<i>Жакупова А.Е., Ондрисов Д.Б., Канафин М.Ж., Аукатова Н.К., Курманбек Б.Н.</i> Решение проблемы абразивной обработки при производстве деталей ракетно-космической техники	42
<i>Ашуров А.Е., Бақыт М.А.</i> Исследование управления спутниковым групповым полетом с использованием дифференциального подъема и перетаскивания	50
<i>Нурағметов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Доломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Развитие низкотемпературных твердооксидных топливных элементов на основе тонкопленочных материалов	59
<i>Баубекова Г.М., Асылбаев Р.Н., Гиниятова Ш.Ғ.</i> Радиационные повреждения, вызванные быстрыми тяжелыми ионами кристаллов MgO	69
<i>Мустафинов Е.К., Рамазанова Ж.М.</i> Проблемы развития нового КРК «Байтерек»	78
<i>Ергалиұлы Ғ., Амангелды Н., Мәуей Б., Солдатхан Д.</i> Анализ упругого рассеяния ядра ^9Be на ^{28}Si в интервале энергий 12-30 МэВ в рамках оптической модели	87
<i>Джансейтов Д.М., Буртебаев Н., Алимов Д., Насурлла М., Мәуей Б., Валиолда Д.С., Аймаганбетов А., Ергалиұлы Ғ.</i> Экспериментальное исследование упругого рассеяния дейтронов на ядре ^{13}C при низких энергиях	92
<i>Сейтбаев А., Скуратов В., Акилбеков А., Даулетбекова А., Здоровец М.</i> Кинетика ионолюминесценции кристаллов LiF	99

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы, 2020, том 131, №2, 69-77 беттер
<http://bulphysast.enu.kz>, E-mail: vest_phys@enu.kz

МРНТИ: 29.19.11

Г.М. Баубекова¹, Р.Н. Асылбаев², Ш.Г. Гиниятова¹

¹ Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

² Павлодарский государственный педагогический университет, Павлодар, Казахстан
(E-mail: guldar_87@mail.ru)

Радиационные повреждения, вызванные быстрыми тяжелыми ионами кристаллов MgO¹

Аннотация: по спектрам радиационно-индуцированного оптического поглощения исследовано накопление структурных дефектов F-типа для монокристаллов MgO, облученных при комнатной температуре ионами ¹³²Xe с энергией 0.23 ГэВ в диапазоне флюенсов $\Phi = 5 \times 10^{11} - 3.3 \times 10^{14}$ ион/см². По формуле Смакулы были оценены концентрации дефектов F-типа в кристаллах MgO, а также их зависимость от флюенса облучения. Измерены также спектры возбуждения для люминесценции F⁺ и F-центров. Проведен анализ радиационно-индуцированных изменений микромеханических свойств облученных образцов, а также зависимости профиля твердости от глубины в кристаллах MgO с потерями энергии ионов Xe. Рассмотрен совместный вклад механизмов ионизации и упругого соударения в формировании центров F-типа и сложных дефектов при облучении кристаллов MgO быстрыми тяжелыми ионами.

Ключевые слова: MgO, ионное облучение, быстрые тяжелые ионы, дефектообразование, люминесценция, упрочнение, оптическое поглощение.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-131-2-69-77>

Поступила: 03.04.2020 / Доработана: 24.04.2020 / Допущена к опубликованию: 29.05.2020

Введение. В настоящее время бинарные и более сложные широкозонные оксиды активно используются для различных технических применений. Данные материалы работают в высокой температурной области, могут быть легированы многими примесными ионами и доступны в виде монокристаллов, керамик, тонких пленок, нитевидных кристаллов и т.д. Широкозонные оксиды металлов применяется в качестве активных лазерных сред, люминофоров, материалов для плазменных дисплеев, оптических окон и волокон, сцинтилляторов, дозиметрических материалов, конструкционных и диагностических материалов для ядерной и термоядерной энергетики (см., например, [1,2]).

Согласно современным представлениям, именно накопление стабильных (долгоживущих) структурных дефектов, междоузельно-вакансионных пар Френкеля и более сложных дефектов решетки определяет радиационное повреждение и влияет на функциональность различных оптических материалов при определенных условиях облучения (тип, доза, температура и т. д.). Поэтому исследование/выяснение механизмов возникновения дефектов различными типами и дозами облучения, а также дальнейшего термического отжига структурных повреждений в широкозонных материалах имеет особое значение.

Целью настоящего исследования является изучение и анализ новых экспериментальных данных о создании структурных дефектов в кристаллах MgO при их облучении тяжелыми высокоэнергетичными ионами ¹³²Xe в широком диапазоне флюенсов.

Образцы и экспериментальные методы. Используемые в наших исследованиях беспримесные кристаллы MgO были выращены в лаборатории физики ионных кристаллов Института физики Тартуского университета (Эстония). Кристаллы выращивались из

¹Работа выполнена в рамках грантового проекта № AP05134257 «In-situ исследования структуры и механических напряжений в процессе облучения быстрыми тяжелыми ионами методами высокоэнергетической ионолюминесценции».

расплава порошков MgO методом дуговой плавки с последующей двух - или трехкратной перекристаллизацией.

При выращивании кристаллов MgO максимально возможной чистоты (стартовое сырье имело степень чистоты 99.99 %) особое внимание уделялось удалению из кристаллов ионов OH^- и Fe^{3+} . Для оценки равномерности распределения ионов Fe^{3+} в исследуемых кристаллах был проведен специальный эксперимент по измерению оптического поглощения на разных участках одного и того же образца. Для данного эксперимента был выбран образец в виде пластины размерами 6x7 мм. Измерение спектров поглощения выполнялось для четырех равноудалённых друг от друга на 2 мм точек с площадями 1.5x1.5 мм. На рисунке 1 представлены спектры поглощения кристалла MgO в разных точках (кривые 1, 2 и 3). Спектры поглощения, измеренные в двух точках, совпали. Также на рисунке представлены разности этих спектров. Кривая 4 демонстрирует разность между спектрами 2 и 1, а кривая 5 – разность между спектрами 3 и 1. Из ранних исследований известно, что полосы поглощения, связанные с примесями трёхвалентного железа, располагаются около 4.3 и 5.7 эВ [3-5]. Из рисунка 1 можно заметить, что полоса около 5.71 эВ имеет различные оптические плотности поглощения для отдельных участков кристалла (кривые – 1, 2 и 3). Разностные спектры демонстрируют близко совпадающие для различных точек пластины значения концентраций ионов Fe^{3+} , ответственных за полосу поглощения при 4.26 эВ. В то же время концентрации ионов Fe^{3+} , ответственных за полосу поглощения при 5.71 эВ, существенно различаются. Таким образом, эксперимент показал, что полосы при 4.26 и 5.71 эВ соответствуют различным местам кристаллической решётки MgO, связанным с присутствием ионов трёхвалентного железа.

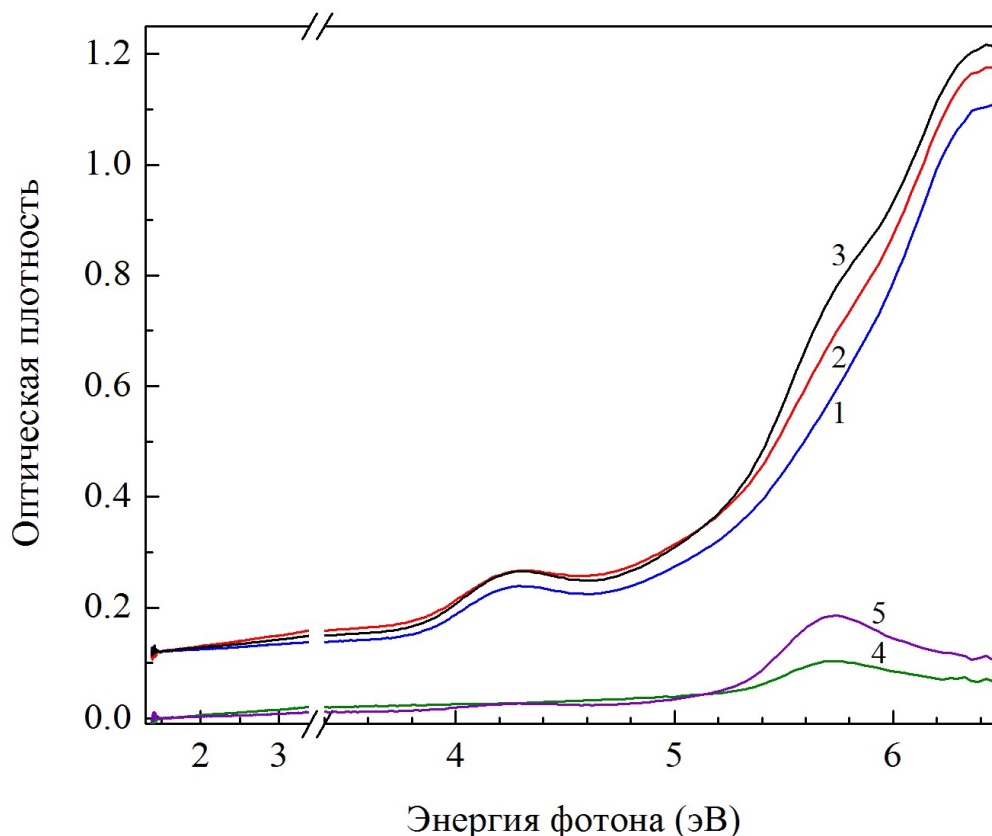


Рисунок 1 – Спектры оптического поглощения необлученного кристалла MgO в разных точках образца (1, 2 и 3) и их разности (4 и 5)

Основная часть экспериментов была выполнена с использованием кристаллов, выколотых по направлению их роста и приготовленных в виде пластинок размерами $\sim 5 \times 5$ мм и толщиной $\sim 0.7-1.6$ мм. Поверхности кристаллов не подвергались шлифовке или полировке.

В использованных монокристаллах MgO концентрации ионов железа (Fe^{3+}) составили около 3 ppm, а ионов OH^- – около 0.1 ppm.

Кристаллы MgO были облучены на экспериментальном канале циклотрона DC-60 (Астана, Казахстан), предназначенном для проведения работ в области физики твердого тела. Диапазон ускоряемых ионов от ^{132}Li до ^{132}Xe , энергии варьируются от 0.35 до 1.75 МэВ/нуклон, а диапазон ускоряемых ионов по отношению массы к заряду – 4.3-10 [6]. Были использованы следующие параметры облучения: ион ^{132}Xe с энергией 1.75 МэВ/нуклон (что соответствует полной энергии иона 231 МэВ), зарядом 22+ и плотностью тока облучения 10 нА/см² в диапазоне флюенсов 5×10^{11} – 3.3×10^{14} ион/см².

Спектры оптического поглощения измерялись в области 1.5-6.5 эВ с использованием двухлучевого спектрофотометра JASCO V-660.

Теоретические расчеты были проведены в программе SRIM [7], предназначенной для моделирования процессов дефектообразования в кристаллах при облучении ионами.

Радиационно-индуцированные изменения микромеханических свойств были исследованы с помощью наноиндентора G200 (Agilent, США), с алмазными наконечниками Berkovich и Vickers.

Спектры возбуждения для различных свечений кристаллов MgO были измерены при 79 К в вакуумном азотном криостате (JANIS) с использованием компьютеризированной установки, состоящей из ксеноновой лампы LOT-ORIEL (150 Вт), двух монохроматоров (MDR-3 и ORIEL CS130 1/8m) и системы счета фотонов Hamamatsu H8259-01 со спектральным диапазоном от 185 до 850 нм.

Результаты и обсуждение. При облучении кристалла высокоэнергетическими ионами бомбардирующий ион теряет свою энергию за счет ядерных и электронных потерь. Потери энергии вдоль пробега иона описываются функцией dE/dx . С помощью программы SRIM были определены ядерные и ионизационные потери энергии и средний пробег ионов ^{132}Xe в кристалле MgO. Зависимость энергетических потерь от пробега иона в кристалле MgO представлена на рисунке 2. Согласно расчетам SRIM, средний пробег ионов ^{132}Xe с энергией 0.230 ГэВ в кристаллах MgO составляет около 14 мкм. Рассчитанные ионизационные потери энергии в большей части ионного трека намного превышают ядерные потери энергии.

Профили твердости от глубины были исследованы на поверхностях, подготовленных путем скола образцов вдоль направления ионного пучка. Измерения проводились на постоянной глубине вдавливания (150 нм). На рисунке 3 приведены изменения твердости вдоль пути иона ^{132}Xe в кристаллах MgO, облученных разными флюенсами. Твердость возрастает с увеличением флюенса, и наблюдается насыщение до 15.6 гПа при флюенсе 10^{14} Хе/см² (эффект упрочнения $\Delta H/H_0 \sim 50\%$).

Изменение твердости на начальном участке пробега иона коррелирует с электронными потерями энергии вдоль пробега. Следует учитывать, что на данном участке (до 5 мкм) электронные потери превышают порог 22 кэВ/нм, что соответствует образованию латентных треков и созданию предельных возбуждений [8]. Исключение составляет конечная область пробега, где твердость при высоком флюенсе достигает максимума. В этой области электронные потери энергии ионов уменьшаются до малых значений, в то время как ядерные потери энергии достигают максимума и доминируют в создании радиационных дефектов. В качестве основной причины упрочнения рассматриваются ионно-индуцированные сложные дефекты, в том числе дислокации и комплексные дефекты [9]. При флюенсе $\Phi < 10^{12}$ ион/см² не наблюдается никакого вклада ядерного механизма к упрочнению кристалла.

Сравнение данных ионно-индуцированного упрочнения для кристаллов различной степени чистоты показывает аналогичный эффект как для монокристаллов MgO высокой чистоты (эффект упрочнения $\sim 45\%$), так и для коммерческих кристаллов от различных поставщиков (например, образцы компании МТИ с чистотой 99.85 и основными примесями Са (0.13 %), Fe и Cr), облученных ионами Кг с энергией 150 МэВ (эффект упрочнения $\sim 40\%$) [9].

Результаты позволяют сделать вывод о том, что как электронные, так и ядерные потери ионов ^{132}Xe способствуют не только созданию центров окраски, но и созданию агрегатов дефектов и более сложных дефектов.

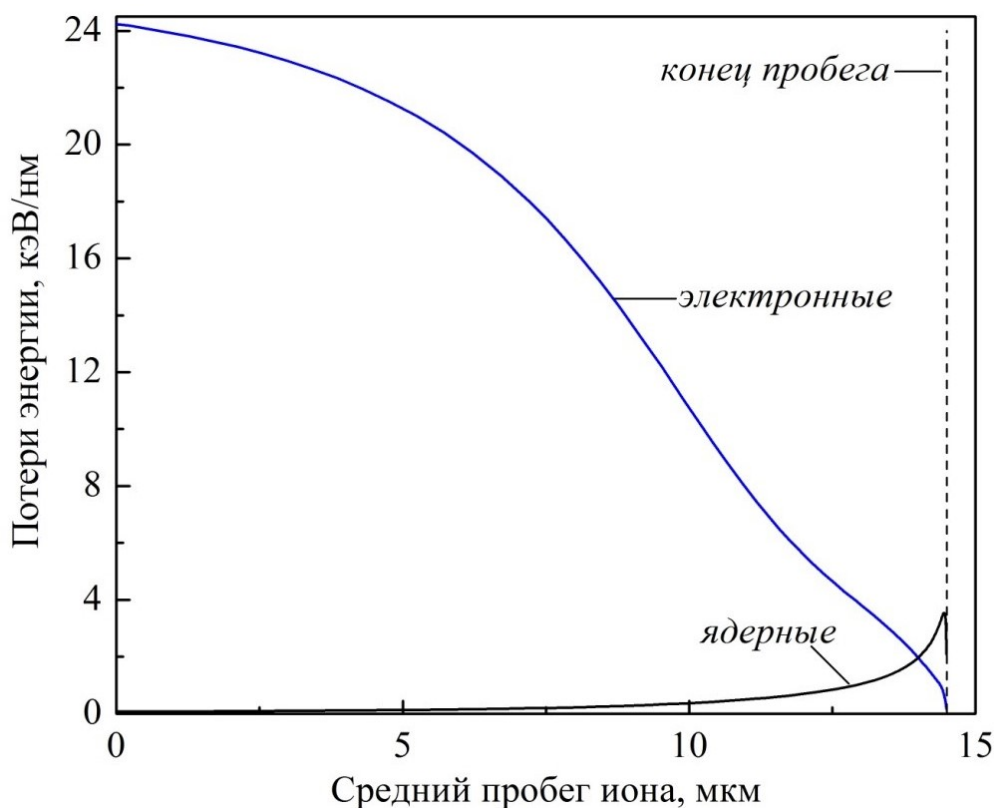


Рисунок 2 – Потери энергии вдоль пути ионов ^{132}Xe с энергией 0.230 ГэВ в MgO

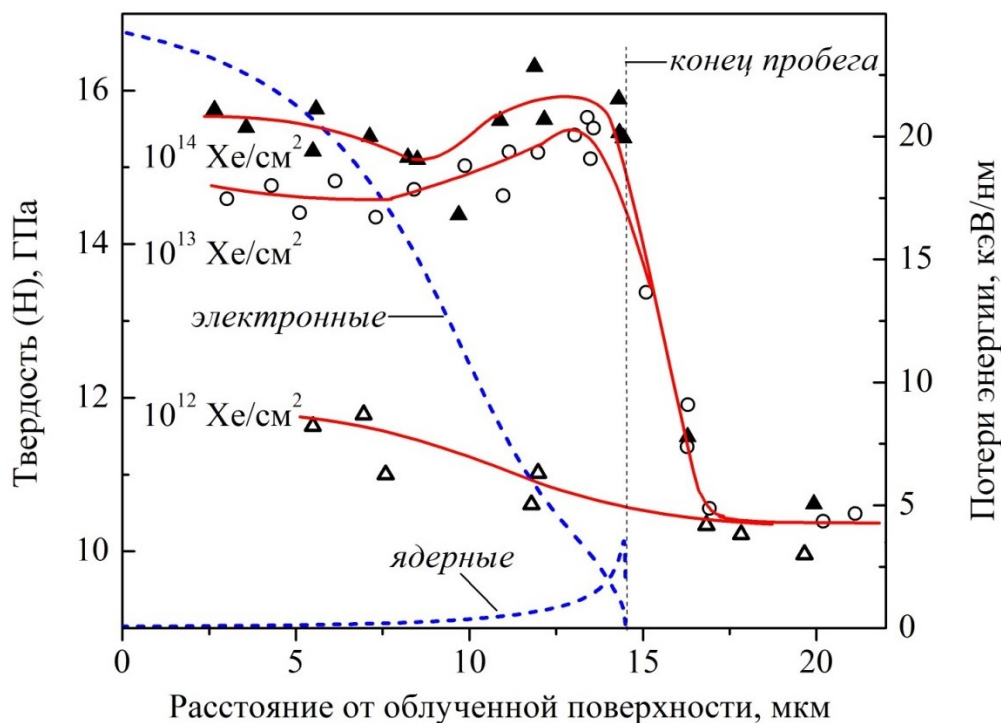


Рисунок 3 – Изменение твердости вдоль пути ионов ^{132}Xe с энергией 0.230 ГэВ с разными флюенсами в MgO

На рисунке 4 показан набор спектров радиационно-индуцированного оптического поглощения (РИОП) кристаллов MgO, облученных ионами ^{132}Xe с энергией 0.23 ГэВ с девятью различными флюенсами в диапазоне $5 \times 10^{11} - 3.3 \times 10^{14}$ ион/см². Спектры содержат несколько ярко выраженных широких полос с максимумами при 5.0, 3.48 и 2.16 эВ.

Неэлементарная полоса около 5 эВ представляет собой перекрытие двух полос с максимумами при 5.03 и 4.92 эВ, приписываемыми к так называемым F и F⁺ центрам (кислородные вакансии с двумя и одним захваченными электронами соответственно). Наиболее простой агрегат F₂-центр (два рядом расположенных F-центра) ответственен за полосу при 3.48 эВ, в то время как комплексная полоса при ~ 2.1 эВ относится к структурным дефектам. Полосы, связанные с примесями железа, имеют максимумы при 4.26 и 5.74 эВ.

Для анализа зависимости концентрации радиационных дефектов F-типа от флюенса облучения спектры РИОП кристаллов MgO, облученных девятью разными флюенсами, были аппроксимированы путем разложения на гауссовские компоненты. Во вставке рисунка 4 показано разложение спектра РИОП для образца, облученного флюенсом 6.7x10¹² Xe/см². Максимумы оптических плотностей I_{max} соответствующих гауссовских компонент и их площади (интегралы) S могут быть приняты в качестве меры концентрации F⁺ и F центров.

Для вычисления концентрации радиационных дефектов F-типа в кристаллах MgO воспользуемся хорошо известной формулой Смакулы-Декстера:

$$N[cm^{-3}] = 0.87 \times 10^{17} n(n^2+2)^{-2} f^{-1} \alpha_F W_{1/2} \quad (1)$$

где n – показатель преломления кристалла, W_{1/2} – полуширина полосы поглощения, f – сила осциллятора, α_F – коэффициент поглощения в максимуме полосы, определяемый по формуле

$$\alpha_F = 2.303 * \frac{I_{max}}{d} \quad (2)$$

где d – толщина облученного слоя, равная в данном случае среднему пробегу иона R в кристалле.

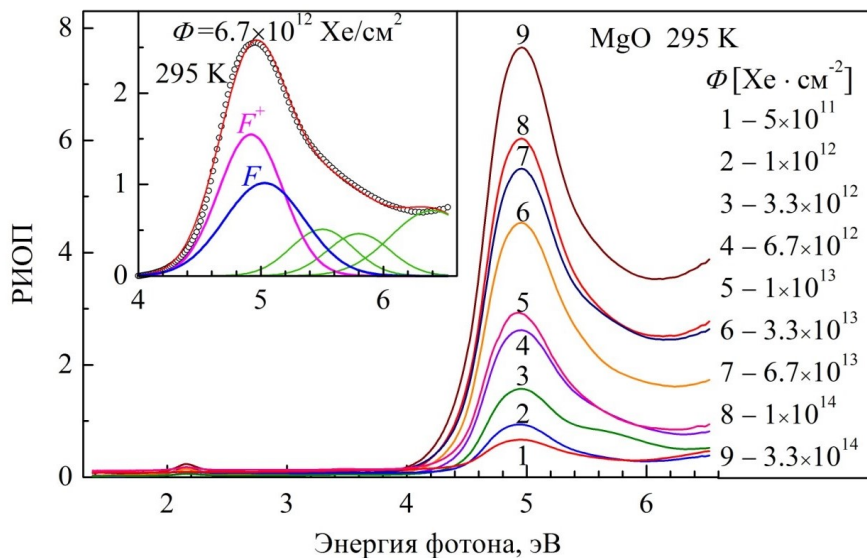


Рисунок 4 – Спектры РИОП монокристаллов MgO, облученных при комнатной температуре ионами ¹³²Xe с энергией 0.23 ГэВ до разных флюенсов. На вставке представлено разложение на гауссовские компоненты спектра РИОП кристалла MgO (Φ=6.7x10¹² Xe/см²). ○ ○ ○ - экспериментальная кривая. Все спектры измерены при комнатной температуре

В таблице 1 сгруппированы основные параметры F⁺ и F- центров, а также приведены концентрации дефектов F-типа для кристалла MgO, облученного ионами ¹³²Xe с энергией 0.23 ГэВ с девятью различными флюенсами в диапазоне Φ = 5x10¹¹ – 3.3x10¹⁴ ион/см².

На рисунке 5 показаны зависимости концентрации F⁺ и F- центров от флюенса облучения.

Концентрации F⁺ и F-центров непрерывно возрастают вплоть до флюенса 3.3x10¹⁴ Xe/см² (наш экспериментальный предел) без каких-либо признаков насыщения. Дозовая зависимость концентрации радиационных дефектов содержит приблизительно линейную область выше Φ = 3.3x10¹³ Xe/см² (более очевидно в случае линейной шкалы абсцисс), в то время как

значительно более высокая скорость накопления дефектов характерна для области низких флюенсов облучения. Общеизвестно, что быстро растущая нелинейная составляющая дозовой зависимости ниже $\Phi = 3.3 \times 10^{13}$ Хе/см² может быть объяснена частичным образованием центров F-типа за счет кислородных вакансий, существовавших в кристалле до облучения [10, 11]. В то же время вторая нелинейная стадия накопления (стадия насыщения) дефектов, возникающая предположительно из-за агрегации одиночных центров F-типа (например, образование F₂ или более сложных дефектов), не наблюдается даже при максимальном флюенсе $\Phi = 3.3 \times 10^{14}$ Хе/см² в рамках данного эксперимента.

Таблица 1 - Параметры центров окраски в кристаллах MgO, облученных ионами ¹³²Xe с энергией 0.23 ГэВ в диапазоне флюенсов $\Phi = 5 \times 10^{11} - 3.3 \times 10^{14}$ ион/см²

Ион	E, ГэВ	R, мкм	f	n	W _{1/2} , эВ		Флюенс, Хе/см ²	I _{max}		N [см ⁻³] · 10 ¹⁹	
					F ⁺	F		F ⁺	F	N _{F⁺}	N _F
Xe	0.23	14	0.8	1.74	0.62	0.77	5 × 10 ¹¹	0.32077	0.21397	0.24	0.2
							1 × 10 ¹²	0.61341	0.24399	0.5	0.3
							3.3 × 10 ¹²	0.94701	0.57586	0.7	0.5
							6.7 × 10 ¹²	1.54813	1.01653	1.2	1
							1 × 10 ¹³	1.7122	1.12941	1.3	1.1
							3.3 × 10 ¹³	2.63649	1.76907	2	1.7
							6.7 × 10 ¹³	3.18196	2.13508	2.4	2.1
							1 × 10 ¹⁴	3.57158	2.4401	2.7	2.3
3.3 × 10 ¹⁴	4.39414	3.13552	3.35	3.1							

E – энергия иона; R – средний пробег иона; f – сила осциллятора; n – показатель преломления; W_{1/2} – полуширина полосы; I_{max} – оптическая плотность в максимуме полосы поглощения; N [см⁻³] – средняя объемная концентрация F⁺ и F- центров.

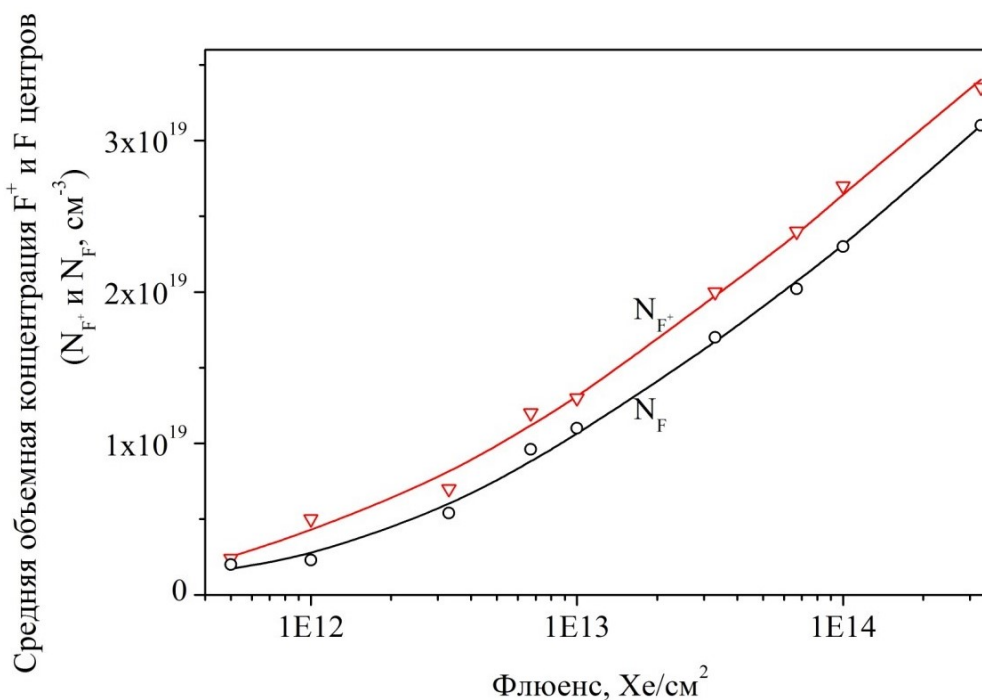


Рисунок 5 – Зависимость концентрации F⁺ и F- центров от флюенса ионного облучения

Как известно из нашей предыдущей работы [12], спектр катодолуминесценции кристалла MgO, облученного ионами ¹³²Xe, содержит полосы свечения F⁺ и F-центров, максимумы которых расположены при 3.15 и 2.4 эВ соответственно. Для данных полос люминесценции

были измерены спектры возбуждения в кристалле MgO, облученного ионами ^{132}Xe с флюенсом 10^{12} ион/см 2 . Как видно из рисунка 6, в спектре возбуждения для свечения 3.15 эВ видна четкая полоса с максимумом около 4.8 эВ (кривая 1) и для свечения 2.4 эВ – менее выраженная полоса, имеющая максимум при 4.7 эВ (кривая 2). Мы предполагаем, что эти полосы принадлежат F^+ и F центрам соответственно. Для сравнения также приведен спектр поглощения этого же кристалла при комнатной температуре (кривая 3).

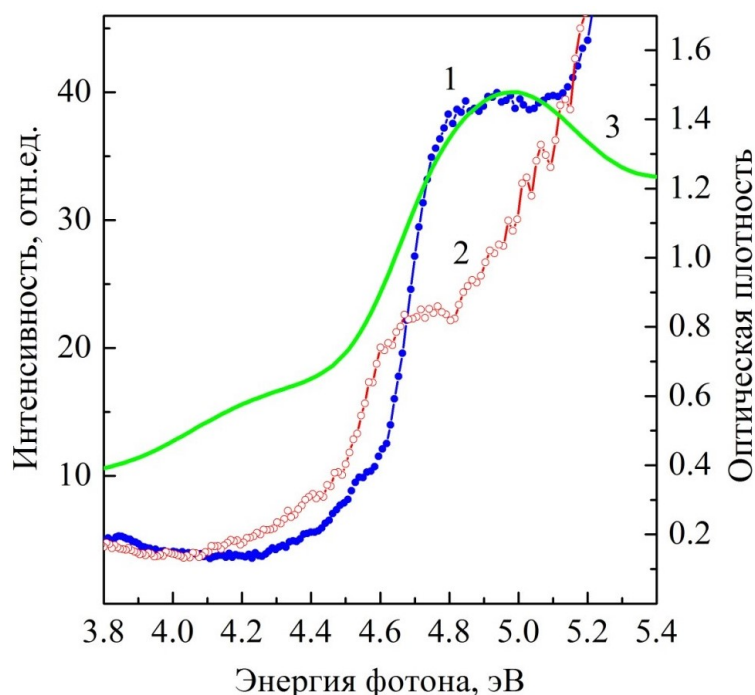


Рисунок 6 – Спектры возбуждения для F^+ и F-центров кристалла MgO, облученного ионами ^{132}Xe с флюенсом 10^{12} ион/см 2 : кривая 1 – спектр возбуждения свечения при 3.15 эВ, кривая 2 – спектр возбуждения свечения при 2.4 эВ, кривая 3 – спектр оптического поглощения. Спектры возбуждения измерялись при температуре 79 К, спектр оптического поглощения измерялся при комнатной температуре

Закключение. В монокристаллах MgO высокой чистоты число радиационно-индуцированных F^+ и F-центров, определяемых по спектрам радиационно-индуцированного оптического поглощения, непрерывно увеличивается с ростом флюенса облучения в две стадии с разными скоростями накопления. Глубинные профили упрочнения в кристаллах MgO коррелируют с потерями энергии ионов Xe, а также подтверждают совместный вклад механизмов ионизации и упругого столкновения в образование протяженных дефектов. Полосы с максимумом около 4.8 и 4.7 эВ, обнаруженные в спектре возбуждения, принадлежат F^+ и F центрам соответственно.

Список литературы

- 1 Lushchik Ch., Lushchik A., Karner T., Kirm M., Dolgov S. Relaxation, self-trapping and decay of electronic excitations in wide-gap oxides // Russ. Phys. J. (USA). – 2000. – Vol. 43. – №3. – P. 171–180.
- 2 Zimmerer G. Luminescence spectroscopy with synchrotron radiation: history, highlights, future // J. Lumin. – 2006. – Vol.119. – №120. – P. 1–7.
- 3 Szczerba J., Prorok R., Stoch P., Sniezek E., Jastrzebska I. Position of Fe ions in MgO crystalline structure // Nukleonika. – 2015. – Vol. 60. – № 1. – P. 143–145.
- 4 Modine F.A., Sonder E., Weeks R.A. Determination of the Fe^{2+} and Fe^{3+} concentration in MgO // Journal of Applied Physics. – 1977. – Vol. 48. – P. 3514–3518.
- 5 Dolgov S.A., Karner T., Lushchik A., Maaroo A., Nakonechnyi S., E. Shablonin. Trapped Hole Centers in MgO Single Crystals // Physics of the Solid State. – 2011. – Vol. 53. – № 6. – P. 1244–1252.
- 6 Zdorovets M., Ivanov I., Koloberdin M., Kozin S., Alexandrenko V., Sambaev E., Kurakhmedov A., Ryskulov A. Accelerator complex based on DC-60 cyclotron // Proceedings of RuPAC. – 2014. – Vol. 13. – P. 287–289.

- 7 Ziegler J.F., Biersack J.P., Ziegler M.D. SRIM – The Stopping and Ranges of Ions in Solids. New York: – Lulu Press, 2008. – 1-15 p.
- 8 Beranger M., Thevenard P., Brenier R., Balanzat E. Defect creation by electronic processes in MgO bombarded with GeV heavy ions // Mat. Res. Soc. Symp. Proc. – 1996. – Vol. 396. – P. 365-370.
- 9 Zabels K., Manika I., Schwartz K., Maniks J., Grants R., Sorokin M., Zdorovets M. Depth profiles of indentation hardness and dislocation mobility in MgO single crystals irradiated with swift ^{84}Kr and ^{14}N ions // Appl. Phys. A. – 2015. – Vol. 120. – P. 167-173.
- 10 Levy P.W. Radiation damage studies on non-metals utilizing measurements made during irradiation // J. Phys. Chem. Solids. – 1991. – Vol. 53. – P. 319-349.
- 11 Feldbach E., Kudryavtseva I., Mizohata K., Prieditis G., Raisanen J., Shablonin E., Lushchik A. Optical characteristics of virgin and proton-irradiated ceramics of magnesium aluminate spinel // Opt. Mater. – 2019. – Vol. 96. – P. 109308.
- 12 Baubekova G., Akilbekov A., Feldbach E., Grants R., Manika I., Popov A.I., Schwartz K., Vasil'chenko E., Zdorovets M., Lushchik A. Accumulation of radiation defects and modification of micromechanical properties under MgO crystal irradiation with swift ^{132}Xe ions // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B. – 2020. – Vol. 463. – P. 50-54.

Г.М. Баубекова¹, Р.Н. Асылбаев², Ш.Г. Гиниятова¹

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

² Павлодар мемлекеттік педагогикалық университеті, Павлодар, Қазақстан

MgO кристалдарының жылдам ауыр иондармен радиациялық зақымдануы

Аннотация. $\Phi = 5 \times 10^{11} - 3.3 \times 10^{14}$ ион/см² флюенстер диапазонында, энергиясы 0.23 ГэВ ^{132}Xe иондарымен бөлме температурасында сәулеленген MgO кристалдары үшін F-типті құрылымдық дефектілер жиынтығын радиациялық-индуцирленген оптикалық жұтылу спектрлері арқылы зерттеу. Смакула формуласы бойынша MgO кристалдарындағы F-типті ақаулар концентрациясы және олардың сәулелену флюенсіне тәуелділігі бағаланды. F⁺ и F-центрлер люминесценциясы үшін қоздыру спектрі бақыланды. Сәулеленген үлгілердің микромеханикалық құрылымының радиациялық-индуцирленген өзгерісіне, және де Xe иондарының шығындалу энергиялары арқылы MgO кристалдарының қаттылығының иондардың өту тереңділігі арақатынасына талдау жасалынды. MgO кристалдарын жылдам ауыр иондармен сәулелендіруде F-типті және күрделі ақаулар түзілудегі ионизациялану мен серпінді соқтығысу механизмдерінің бірлескен үлестері қарастырылды.

Түйін сөздер: MgO, ионды сәулелену, жылдам ауыр иондар, ақау түзілу, люминесценция, беріктік, оптикалық жұтылу.

G.M. Baubekova¹, R.N. Asylbaev², Sh. Giniyatova¹

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² Pavlodar State Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan

Radiation Damage caused by swift heavy ions in MgO crystals

Abstract. The accumulation of structural defects F-type was studied from the spectra of radiation-induced optical absorption for MgO single crystal irradiated by ^{132}Xe ions with fluency of $F = 5 \times 10^{11} - 3.3 \times 10^{14}$ ион/см². The concentration of F-type defects in MgO crystals were estimated by means of the Smakula formula. The excitation spectra for the luminescence of F⁺ and F centers were also measured. The analysis of ion-induced changes of micro-mechanical properties of the same samples have been performed; the depth profiles of hardening in MgO crystals correlate with the energy loss of Xe ions. A joint contribution of Ionization and elastic collision mechanisms are considered in the formation of F-type centers and extended defects under MgO irradiation with swift heavy ions.

Keywords: MgO, ion irradiation, swift heavy ions, defect formation, luminescence, hardening, optical absorption.

References

- 1 Lushchik Ch., Lushchik A., Karner T., Kirm M., Dolgov S. Relaxation, self-trapping and decay of electronic excitations in wide-gap oxides, Russ. Phys. J. (USA), 43(3), 171–180 (2000).
- 2 Zimmerer G. Luminescence spectroscopy with synchrotron radiation: history, highlights, future, J. Lumin, 119(120), 1–7 (2006).
- 3 Szczerba J., Prorok R., Stoch P., Sniezek E., Jastrzebska I. Position of Fe ions in MgO crystalline structure, Nukleonika, 60(1), 143–145 (2015).
- 4 Modine F.A., Sonder E., Weeks R.A. Determination of the Fe²⁺ and Fe³⁺ concentration in MgO, Journal of Applied Physics, 48, 3514-3518 (1977).
- 5 Dolgov S.A., Karner T., Lushchik A., Maaros A., Nakonechnyi S., E. Shablonin. Trapped–Hole Centers in MgO Single Crystals, Physics of the Solid State, 53(6), 1244–1252 (2011).
- 6 Zdorovets M., Ivanov I., Koloberdin M., Kozin S., Alexandrenko V., Sambaev E., Kurakhmedov A., Ryskulov A. Accelerator complex based on DC-60 cyclotron, Proceedings of RuPAC, 13, 287-289 (2014).

- 7 Ziegler J.F., Biersack J.P., Ziegler M.D. SRIM – The Stopping and Ranges of Ions in Solids (New York: Lulu Press, 2008, 1-10 p.).
- 8 Beranger M., Thevenard P., Brenier R., Balanzat E. Defect creation by electronic processes in MgO bombarded with GeV heavy ions, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 396, 365-370 (1996).
- 9 Zabels K., Manika I., Schwartz K., Maniks J., Grants R., Sorokin M., Zdorovets M. Depth profiles of indentation hardness and dislocation mobility in MgO single crystals irradiated with swift ^{84}Kr and ^{14}N ions, *Appl. Phys. A*, 120, 167-173 (2015).
- 10 Levy P.W. Radiation damage studies on non-metals utilizing measurements made during irradiation, *J. Phys. Chem. Solids*, 53, 319–349 (1991).
- 11 Feldbach E., Kudryavtseva I., Mizohata K., Prieditis G., Raisanen J., Shablonin E., Lushchik A. Optical characteristics of virgin and proton-irradiated ceramics of magnesium aluminate spinel, *Opt. Mater*, 96, 109308 (2019).
- 12 Baubekova G., Akilbekov A., Feldbach E., Grants R., Manika I., Popov A.I., Schwartz K., Vasil'chenko E., Zdorovets M., Lushchik A. Accumulation of radiation defects and modification of micromechanical properties under MgO crystal irradiation with swift ^{132}Xe ions, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B*, 463, 50-54 (2020).

Сведения об авторах:

Баубекова Г.М. - докторант 3-го курса по специальности "6D072300-Техническая физика", Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, физико-технический факультет, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Асылбаев Р.Н. - PhD, доцент Высшей школы естествознания Павлодарского государственного педагогического университета, ул. Торайгырова, 58, Павлодар, Казахстан.

Гиниятова Ш.Г. - доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, физико-технический факультет, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Бaubekova G.M. - PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan street, 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Asylbaev R.N. - PhD, Assistant Professor of High School of Natural Sciences of Pavlodar state Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan.

Giniyatova Sh.G. - assistant, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan street, 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы» журналында мақала жариялау ережесі

Журнал редакциясы авторларға осы нұсқаулықпен толық танысып, журналға мақала әзірлеу мен дайын мақаланы журналға жіберу кезінде басшылыққа алуды ұсынады. Бұл нұсқаулық талаптарының орындалмауы сіздің мақалаңыздың жариялануын кідіртеді.

1. Журнал мақсаты. Физика мен астрономия салаларының теориялық және эксперименталды зерттелулері бойынша мұқият тексеруден өткен ғылыми құндылығы бар мақалалар жариялау.

2. Баспаға (барлық жариялаушы авторлардың қол қойылған қағаз нұсқасы және электронды нұсқа) журналдың түпнұсқалы стильдік файлының міндетті қолданысымен LaTeX баспа жүйесінде дайындалған Tex- пен Pdf-файлындағы жұмыстар ұсынылады. Стильдік файлды *bulphysast.enu.kz* журнал сайтынан жүктеп алуға болады. Сонымен қатар, автор(лар) ілеспе хат ұсынуы керек.

3. Автордың қолжазбаны редакцияға жіберуі мақаланың Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысында басуға келісімін, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісімін білдіреді. Автор мақаланы редакцияға жіберу арқылы автор туралы мәліметтің дұрыстығына, мақала көшірілмегендігіне (плагиаттың жоқтығына) және басқа да заңсыз көшірмелердің жоқтығына кепілдеме береді.

4. Мақаланың көлемі 18 беттен аспауға тиіс (6 беттен бастап).

FTAMPK <http://grnti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

Мекеменің толық атауы, қаласы, мемлекеті (егер авторлар әртүрлі мекемеде жұмыс жасайтын болса, онда әр автор мен оның жұмыс мекемесі қасында бірдей белгі қойылу керек)

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

Аңдатпа (100-200 сөз; күрделі формулаларсызсыз, мақаланың атауын мейлінше қайталамауы қажет; әдебиеттерге сілтемелер болмауы қажет; мақаланың құрылысын (кіріспе мақаланың мақсаты/ міндеттері /қарастырылып отырған сұрақтың тарихы /зерттеу /әдістері нәтижелер/талқылау, қорытынды) сақтай отырып, мақаланың қысқаша мазмұны берілуі қажет).

Түйін сөздер (6-8 сөз не сөз тіркесі. Түйін сөздер мақала мазмұнын көрсетіп, мейлінше мақала атауы мен аннотациядағы сөздерді қайталамай, мақала мазмұнындағы сөздерді қолдану қажет. Сонымен қатар, ақпараттық-ізвестіру жүйелерінде мақаланы жеңіл табуға мүмкіндік беретін ғылым салаларының терминдерін қолдану қажет).

Негізгі мәтін мақаланың мақсаты/ міндеттері/ қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды бөлімдерін қамтуы қажет.

5. Таблица, суреттер – Жұмыстың мәтінде кездесетін таблицалар мәтіннің ішінде жеке нөмірленіп, мәтін көлемінде сілтемелер түрінде көрсетілуі керек. Суреттер мен графиктер PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX форматындағы стандарттарға сай болуы керек. Нүктелік суреттер кеңейтілімі 600 dpi кем болмауы қажет. Суреттердің барлығы да айқын әрі нақты болуы керек.

Мақаладағы **формулалар** тек мәтінде оларға сілтеме берілсе ғана номерленеді.

Жалпы қолданыста бар **аббревиатуралар** мен **қысқартулардан** басқалары міндетті түрде алғаш қолданғанда түсіндірілуі берілуі қажет. **Қаржылай көмек туралы** ақпарат бірінші бетте көрсетіледі.

6. Жұмыста қолданылған әдебиеттер тек жұмыста сілтеме жасалған түпнұсқалық көрсеткішке сай (сілтеме беру тәртібінде немесе ағылшын әліпбиі тәртібі негізінде толтырылады) болуы керек. Баспадан шықпаған жұмыстарға сілтеме жасауға түйым салынады.

Сілтемені беруде автор қолданған әдебиеттің бетінің нөмірін көрсетпей, келесі нұсқаға сүйеніңіз дұрыс: тараудың номері, бөлімнің номері, тармақтың номері, теораманың (лемма, ескерту, формуланың және т.б.) номері көрсетіледі. Мысалы: қараңыз [3; § 7, лемма 6]», «...қараңыз [2; 5 теорамдағы ескерту]». Бұл талап орындалмаған жағдайда мақаланы ағылшын тіліне аударғанда сілтемелерде қателіктер туындауы мүмкін.

Әдебиеттер тізімін рәсімдеу мысалдары

1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. –М: Физматлит, –1994, –376 стр. – **кітап**

2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики –2014. –Т.54. № 7. –С. 1059-1077. - **мақала**

3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. – Москва, 2015. –С.141-142. – **конференция еңбектері**

4 Нуртазина К. Рыцарь математики и информатики. –Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. –С.7. – **газеттік мақала**

5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия –2017. –Т.14. –С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. – URL: <http://semf.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **электронды журнал**

7. Әдебиеттер тізімінен соң автор өзінің библиографиялық мәліметтерін орыс және ағылшын тілінде (егер мақала қазақ тілінде орындалса), қазақ және ағылшын тілінде (егер мақала орыс тілінде орындалса), орыс және қазақ тілінде (егер мақала ағылшын тілінде орындалса) жазу қажет. Сонынан транслиттік аударма мен ағылшын тілінде берілген әдебиеттер тізімінен соң әр автордың жеке мәліметтері (қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде – ғылыми атағы, қызметтік мекенжайы, телефоны, e-mail-ы) беріледі.

8. Редакцияға түскен мақала жабық (анонимді) тексеруге жіберіледі. Барлық рецензиялар авторларға жіберіледі. Автор (рецензент мақаланы түзетуге ұсыныс берген жағдайда) он күн аралығында қайта қарап, қолжазбаның түзетілген нұсқасын редакцияға қайта жіберуі керек. Рецензент жарамсыз деп таныған мақала қайтара қарастырылмайды. Мақаланың түзетілген нұсқасы мен автордың рецензентке жауабы редакцияға жіберіледі.

9. Төлемақы. Басылымға рұқсат етілген мақала авторларына төлем жасау туралы ескертіледі. Төлем көлемі 4500 тенге – ЕҰУ қызметкерлері үшін және 5500 тенге басқа ұйым қызметкерлеріне.

Реквизиты:

1)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

2)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

3)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

4)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк
Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Provision on articles submitted to the journal "Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Physics. Astronomy series"

The journal editorial board asks the authors to read the rules and adhere to them when preparing the articles, sent to the journal. Deviation from the established rules delays the publication of the article.

1. Purpose of the journal. Publication of carefully selected original scientific.

2. The scientific publication office accepts the article (in electronic and printed, signed by the author) in Tex- and Pdf-files, prepared in the LaTeX publishing system with mandatory use of the original style log file. The style log file can be downloaded from the journal website *bulphysast.enu.kz*. And you also need to provide the **cover letter** of the author(s). Language of publications: Kazakh, Russian, English.

3. Submission of articles to the scientific publication office means the authors' consent to the right of the Publisher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, to publish articles in the journal and the re-publication of it in any foreign language. Submitting the text of the work for publication in the journal, the author guarantees the correctness of all information about himself, the lack of plagiarism and other forms of improper borrowing in the article, the proper formulation of all borrowings of text, tables, diagrams, illustrations.

4. The volume of the article should not exceed 18 pages (from 6 pages).

The text of the article begins with the IRSTI (International Rubricator of Scientific and Technical Information, defined by the link <http://grnti.ru/>), then followed by the Initials and Surname of the author (s); full name of organization, city, country; E-mail of the author (s); the article title; abstract. Abstract should consist of 150-250 words, it should not contain cumbersome formulas, the content should not repeat the article title, abstract should not contain references to the text of the article and the list of literature), abstract should be a brief summary of the article content, reflecting its features and preserving the article structure.

Potential authors of the journal should adhere to the following rules on the structure of the article point by point with headings:

- The necessary notation and definitions to ensure understanding of the text of the article;
- Statement of the problem, the solution of which the article is devoted to;
- Historical information on the statement of the problem - by whom and when the results were obtained that preceded the topic of the article with the corresponding full links;
- Justification of the necessity and relevance of the task of the article, as the most critical part of any scientific work;
- The exact wording and description of the solution to the problem presented in the article;
- A detailed justification of the novelty of the result (s) of an article in the context of a previously known one;
- The solution to the problem should be provided with detailed justifications (evidence).

If at least one of these requirements is not observed, the article is not accepted for consideration. Tables are included directly in the text of the article; it must be numbered and accompanied by a reference to them in the text of the article. Figures, graphics should be presented in one of the standard formats: PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX. Bitmaps should be presented with a resolution of 600 dpi. All details must be clearly shown in the figures.

In the article, only those **formulas** are numbered, to which the text has references.

All **abbreviations**, with the exception of those known to be generally known, must be deciphered when first used in the text.

Information on **the financial** support of the article is indicated on the first page in the form of a footnote.

6. The list of literature should contain only those sources (numbered in the order of quoting or in the order of the English alphabet), which are referenced in the text of the article. References to unpublished issues, the results of which are used in evidence, are not allowed. Authors are recommended to exclude the reference to pages when referring to the links and guided by the following template: chapter number, section number, paragraph number, theorem number (lemmas, statements, remarks to the theorem, etc.), number of the formula. For example, "..., see [3, § 7, Lemma 6]"; "..., see [2], a remark to Theorem 5". Otherwise, incorrect references may appear when preparing an English version of the article.

Template

1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. -М: Физматлит, -1994, -376 стр.-**book**

2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики -2014. -Т.54. № 7. -С. 1059-1077. - **journal article**

3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. - Москва, 2015. -С.141-142. - - **Conferences proceedings**

4 Нуртазина К. Рыцарь математики и информатики. -Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. -С.7. **newspaper articles**

5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия -2017. -Т.14. -С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. - URL: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **Internet resources**

7. At the end of the article, after the list of references, it is necessary to indicate bibliographic data in Russian and English (if the article is in Kazakh), in Kazakh and English (if the article is in Russian) and in Russian and Kazakh languages (if the article is English language). Then a combination of the English-language and transliterated parts of the references list and information about authors (scientific degree, office address, telephone, e-mail - in Kazakh, Russian and English) is given.

8. Work with electronic proofreading. Articles received by the Department of Scientific Publications (editorial office) are sent to anonymous review. All reviews of the article are sent to the author. The authors must send the proof of the article within ten days. Articles that receive a negative review for a second review are not accepted. Corrected versions of articles and the author's response to the reviewer are sent to the editorial office. Articles that have positive reviews are submitted to the editorial boards of the journal for discussion and approval for publication.

Periodicity of the journal: 4 times a year.

9. Payment. Authors who have received a positive conclusion for publication should make payment on the following requisites (for ENU employees - 4,500 tenge, for outside organizations - 5,500 tenge):

Реквизиты:

1)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859- за статью

2)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

3)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

4)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк
Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Положение о рукописях, представляемых в журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия: Физика. Астрономия»

Редакция журнала просит авторов ознакомиться с правилами и придерживаться их при подготовке работ, направляемых в журнал. Отклонение от установленных правил задерживает публикацию статьи.

1. Цель журнала. Публикация тщательно отобранных оригинальных научных работ по актуальным проблемам теоретических и экспериментальных исследований в области физики и астрономии.

2. В редакцию (в бумажном виде, подписанном всеми авторами и в электронном виде) представляются Tex- и Pdf-файлы работы, подготовленные в издательской системе LaTeX, с обязательным использованием оригинального стилевого файла журнала. Стилиевой файл можно скачать со сайта журнала *bulphysast.enu.kz*. Автору (авторам) необходимо предоставить **сопроводительное письмо**.

Язык публикаций: казахский, русский, английский.

3. Отправление статей в редакцию означает согласие авторов на право Издателя, Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, издания статей в журнале и переиздания их на любом иностранном языке. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в рукописи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

4. Объем статьи не должен превышать 18 страниц (от 6 страниц).

Текст работы начинается с рубрикатора МРНТИ (Международный рубрикатор научно-технической информации; определяется по ссылке <http://grnti.ru/>), затем следуют инициалы и фамилия автора(ов), полное наименование организации, город, страна, e-mail автора(ов), заглавие статьи, аннотация. Аннотация должна состоять из 150-250 слов, не должна содержать громоздкие формулы, не должна повторять по содержанию название статьи, не должна содержать ссылки на текст работы и список литературы, должна быть кратким изложением содержания статьи, отражая её особенности и сохраняя структуру статьи.

Потенциальные авторы журнала должны в соответствии с заголовками придерживаться следующих правил по структуре статьи:

- Необходимые обозначения и определения для обеспечения понимания текста статьи;
- Постановка задачи, решению которой посвящена статья;
- Исторические сведения по постановке задачи с соответствующими полными ссылками - кем и когда были получены результаты, предшествующие теме статьи;
- Обоснование необходимости и актуальности задачи статьи как самая важная часть любой научной работы;
- Точная формулировка и описание представленного в статье решения поставленной задачи;
- Подробное обоснование новизны результата (ов) статьи в контексте ранее известного;
- Решение задачи должно быть снабжено подробными обоснованиями (доказательствами).

При несоблюдении хотя бы одного из этих требований статья не принимается к рассмотрению.

Таблицы включаются непосредственно в текст работы, они должны быть пронумерованы и сопровождаться ссылкой на них в тексте работы. Рисунки, графики должны быть представлены в одном из стандартных форматов: PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX. Точечные рисунки необходимо выполнять с разрешением 600 dpi. На рисунках должны быть ясно переданы все детали.

В статье нумеруются лишь те **формулы**, на которые по тексту есть ссылки.

Все **аббревиатуры и сокращения**, за исключением заведомо общеизвестных, должны быть расшифрованы при первом употреблении в тексте.

Сведения о **финансовой поддержке** работы указываются на первой странице в виде сноски.

6. Список литературы должен содержать только те источники (пронумерованные в порядке цитирования или в порядке английского алфавита), на которые имеются ссылки в тексте работы. Ссылки на неопубликованные работы, результаты которых используются в доказательствах, не допускаются.

Авторам рекомендуется при оформлении ссылок исключить упоминание страниц и руководствоваться следующим шаблоном: номер главы, номер параграфа, номер пункта, номер теоремы (леммы, утверждения, замечания к теореме и т.п.), номер формулы. Например, "..., см. [3; § 7, лемма 6]"; "..., см. [2; замечание к теореме 5]". В противном случае при подготовке англоязычной версии статьи могут возникнуть неверные ссылки.

Примеры оформления списка литературы

- 1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. -М: Физматлит, -1994, -376 стр. - **книга**
- 2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики -2014. -Т.54. № 7. -С. 1059-1077. - **статья**
- 3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. - Москва, 2015. -С.141-142. - **труды конференции**
- 4 Нуртазина К. Рыцарь математики и информатики. -Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. -С.7. - **газетная статья**
- 5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия -2017. -Т.14. -С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. - URL: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **электронный журнал**
- 7.** После списка литературы, необходимо указать библиографические данные на русском и английском языках (если статья оформлена на казахском языке), на казахском и английском языках (если статья оформлена на русском языке) и на русском и казахском языках (если статья оформлена на английском языке). Затем приводится комбинация англоязычной и транслитерированной частей списка литературы и сведения по каждому из авторов (научное звание, служебный адрес, телефон, e-mail - на казахском, русском и английском языках).

8. Работа с электронной корректурой. Статьи, поступившие в Отдел научных изданий (редакция), отправляются на анонимное рецензирование. Все рецензии по статьям отправляются автору. Авторам в течение десяти дней необходимо отправить корректуру статьи. Статьи, получившие отрицательную рецензию, к повторному рассмотрению не принимаются. Исправленные варианты статей и ответ автора рецензенту присылаются в редакцию. Статьи, имеющие положительные рецензии, представляются редколлегии журнала для обсуждения и утверждения для публикации.

Периодичность журнала: 4 раза в год.

9. Оплата. Авторам, получившим положительное заключение к опубликованию, необходимо произвести оплату по следующим реквизитам (для сотрудников ЕНУ – 4500 тенге, для сторонних организаций – 5500 тенге): Реквизиты:

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

3) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

4) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Ректору
ЕНУ имени Л.Н. Гумилева

СОПРОВОДИТЕЛЬНОЕ ПИСЬМО

Настоящим письмом авторы гарантируют, что размещение научной статьи "НАЗВАНИЕ СТАТЬИ" (Произведение) авторов ФИО АВТОРА(ОВ) в журнале "Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия Физика. Астрономия" не нарушает ничьих авторских прав. Авторы предоставляют издателю журнала, Евразийскому национальному университету имени Л.Н. Гумилева исключительные права на неограниченный срок:

- право на воспроизведение Произведения (опубликование, обнародование, дублирование, тиражирование или иное размножение Произведения) без ограничения тиража экземпляров, право на распространение Произведения любым способом. При этом каждый экземпляр произведения должен содержать имя автора (ов) Произведения;
- право на включение в составное произведение;
- право на доведение до всеобщего сведения;
- право на использование метаданных (название, имя автора (правообладателя), аннотации, библиографические материалы, полный текст Произведения и пр.) Произведения путем распространения и доведения до всеобщего сведения, обработки и систематизации, а также включения в различные базы данных и информационные системы, в том числе полнотекстовых версий опубликованного Произведения.

Территория, на которой допускается использование прав на Произведения, не ограничена.

Автор(ы) также предоставляют издателю журнала право хранения и обработки своих персональных данных без ограничения по сроку (фамилия, имя, отчество, сведения об образовании, сведения о месте работы и занимаемой должности). Персональные данные предоставляются для их хранения и обработки в различных базах данных и информационных системах, включения их в аналитические и статистические отчеты, создания обоснованных взаимосвязей объектов произведений науки, литературы и искусства с персональными данными и т.п.

Автор(ы) в полном объеме несут ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права в соответствии с действующим законодательством Республики Казахстан.

Настоящим письмом автор(ы) дают свое согласие на проверку Произведения на предмет плагиата издателем журнала.

Автор(ы) подтверждают, что направляемое Произведение нигде ранее не было опубликовано, не направлялось и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

**Сопроводительное письмо оформляется на официальном бланке организации и подписывается руководителем организации (для вузов - курирующим проректором по научно-исследовательской работе).*

*** Сопроводительное письмо авторов, являющихся сотрудниками ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, заверяется деканом факультета.*

Исп.: ФИО автора(ов)

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 535.37

**Ж.Т. Карипбаев, А.У. Абуова, Г.К. Алпысова, К.М. Сарсенғалиева¹,
К.А. Байжолов, А.Б. Куkenова, М.В. Здоровец**

¹ *Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан* ^{1,2} *Томский политехнический университет, Томск, Россия*

³ *Институт ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан*
(Email: Fatika_82@mail.ru)

Люминесценция кристаллов ZnWO₄ с введенным кислородом

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика.

Астрономия сериясы, 2020, том 131, №2, 117-109 беттер

http://bulphysast.enu.kz, E-mail: vest_phys@enu.kz

МРНТИ: 539.534.9; 621.039.542.34

А. Сейтбаев^{1,2}, В. Скуратов³, А. Акилбеков¹, А. Даулетбекова¹, М. Здоровец^{2,4}

¹ *Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*

² *Институт ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан*

³ *Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия*

⁴ *Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

(E-mail: Seitbayevaibek@gmail.com)

Кинетика ионолюминесценции кристаллов LiF¹

Аннотация: Приведены результаты исследования спектральных характеристик фото- и катодолюминесценции кристаллов вольфрамата цинка, подвергнутых термической обработке в атмосфере кислорода или облучению потоками высокоэнергетических ионов кислорода. Введение кислорода приводит к снижению эффективности фотолюминесценции. Кроме того, введение посредством термической обработки приводит и к изменению спектра возбуждения. Предполагается, что наблюдаемое изменение характеристик фотолюминесценции обусловлено разрушением сформированных при синтезе кристалла комплексов, включающих в свой состав центры свечения. При термической обработке в атмосфере кислорода разрушение излучающих комплексов происходит на глубине, сопоставимой с глубиной проникновения возбуждающих фотонов. Резкое снижение эффективности возбуждения люминесценции с ростом энергии возбуждающих фотонов объясняется наличием градиента концентрации вошедшего диффузией кислорода и, соответственно, разрушенных излучающих комплексов. Сделана оценка глубины вхождения кислорода, характеристическая глубина вхождения составляет 20 нм при обработке в течение 7 часов при 900°C.

Ключевые слова: вольфраMAT цинка, фото и катодолюминесценция, кислород, комплексные дефекты.

Основной текст статьи должен быть разбит на четко определенные и пронумерованные разделы (подразделы). Подразделы должны быть пронумерованы 1.1, 1.2 и т. д. Рекомендуются разделы статьи:

Введение. Вводная информация, касающаяся темы статьи. Разъяснение цели предпринятого исследования.

Материалы и методы. Описание последовательности выполнения исследования и обоснование выбора используемых методов.

Результаты и обсуждения. Описание результатов экспериментов. В данной части статьи должен быть представлен авторский аналитический или статистический материал.

Заключение. Краткая формулировка результатов исследования. Сжатое повторение главных мыслей основной части работы.

¹Работа выполнена в рамках грантового проекта МОН РК AP 05134257.

Также авторы могут указать источник финансирования либо финансовой поддержки, оказываемой в рамках исследования. Благодарность должна быть выражена кратко, лаконично.

2. Формулы, таблицы, рисунки

$$\delta_N(\varepsilon_N; D_N)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; D_N)_Y \equiv \inf_{(l^{(N)}, \varphi_N) \in D_N} \delta_N \left(\varepsilon_N; \left(l^{(N)}, \varphi_N \right) \right)_Y, \quad (1)$$

где $\delta_N \left(\varepsilon_N; \left(l^{(N)}, \varphi_N \right) \right)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; \left(l^{(N)}, \varphi_N \right))_Y \equiv$

$$\equiv \sup_{\substack{f \in F \\ |\gamma_N^{(\tau)}| \leq 1 (\tau=1, \dots, N)}} \left\| Tf(\cdot) - \varphi_N \left(l_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \varepsilon_N^{(1)}, \dots, l_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \varepsilon_N^{(N)}; \cdot \right) \right\|_Y.$$

Таблицы, рисунки необходимо располагать после упоминания. С каждой иллюстрацией должна следовать надпись.

Таблица 1 – Название таблицы

Простые	Не простые
2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29	4, 6, 8, 9, 10, 12, 14



Рисунок 1 – Название рисунка

3. Ссылки и библиография

Для ссылок на утверждения, формулы и т. п. можно использовать метки. Например, теорема ??, Формула (1)

Для руководства по L^AT_EX и в качестве примера оформления ссылок, см., например, *Львовский С.М.* Набор и верстка в пакете L^AT_EX. Москва: Космосинформ, 1994.

Список литературы оформляется следующим образом.

Список литературы

- 1 Локуциевский О.М., Гавриков М.Б. Начала численного анализа. –М.: ТОО "Янус", 1995. –581 с. - **книга**
- 2 Степаненко В.Ф., Эндо С., Каприн А.Д., Иванов С.А., Каджимото Т., Танака К., Колыженков Т.В., Петухов А.Д., Ахмедова У.А., Богачёва В.В., Коротков В.А., Хоши М. Опыт инструментальной оценки накопленных доз внешнего облучения с использованием метода ретроспективной люминесцентной дозиметрии по единичным микрокристаллам кварца из кварцосодержащих образцов, отобранных в префектуре Фукусима, Япония // Радиация и риск. - 2018. – Т. 27. - № 3. - С. 79-90. doi: ... (при наличии) - **статья**
- 3 Жубанышева А.Ж., Абикинова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. – Москва, 2015. –С.141-142. - **труды конференций**
- 4 Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополидемическая активность леукомизина. –Алматы: Бастау, 2007. –С. 3-5 - **газетные статьи**
- 5 Dovesi R., Saunders V.R., Roetti C., Orlando R., Zicovich-Wilson C.M., Pascale F., Civalieri B., Doll K., Harrison N.M., Bush I.J., D’Arco P., and Llunell M. CRYSTAL14 User’s Manual University of Torino, Italy. [Electronic resource]. Available at: <http://www.crystal.unito.it> (Accessed: 20.01.2019). - **электронный журнал**

Ж.Т. Карипбаев^{1,2}, А.У. Абуова¹, Г.К. Алпысова¹, К.М. Сәрсенғалиева¹, К.А. Байжолов¹, А.Б. Кукунова¹, М.В. Здоровец³

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

² Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей

³ Ядролық физика институты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Оттегі енгізілген ZnWO₄ кристалдарының люминесценциясы

Аннотация: Оттегі атмосферасында термиялық өңдеуден өткен немесе жоғары энергиялы оттегі иондарымен сәулеленуге ұшыраған мырыш вольфрам кристалдарының фото және катодолуминесценциясының спектрлік сипаттамаларын зерттеу нәтижелері келтірілген. Оттегінің енгізілуі фотолуминесценция тиімділігінің төмендеуіне және термиялық өңдеудің енгізілуі қозу спектрінің өзгеруіне әкеледі. Фотолуминесценция сипаттамаларының байқалған өзгерісі кристалл синтезі кезінде пайда болған кешендердің, соның ішінде жарқыл орталықтарының бұзылуымен байланысты деп болжанады. Оттегі атмосферасында термиялық өңдеу кезінде шығаратын кешендердің бұзылуы қоздырғыш фотондардың ену тереңдігімен салыстырылатын тереңдікте жүреді. Люминесценттік қозу тиімділігінің күрт төмендеуі диффузияға енетін оттегінің шоғырлану градиентінің және сәйкесінше жойылған эмитенттік комплекстердің болуымен түсіндіріледі. Оттегінің кіру тереңдігін бағалау жүргізілді, сипаттамалық кіру тереңдігі 900 °C температурада 7 сағат бойы өңделген кезде 20 нм болды.

Түйін сөздер: мырыш вольфрамасы, фото және катодолуминесценция, оттегі, күрделі ақаулар.

Zh.T.Karipbaev^{1,2}, A.U. Abuova¹, G. K. Alpyssova¹, K.M. Sarsengalieva¹, K.A. Baozholov¹, A.B. Kukunova¹, M.V. Zdorovets³

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

³ Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan

Luminescence of ZnWO₄ crystals with oxygen introduced

Abstract: The results of studying the spectral characteristics of the photo- and cathodoluminescence of zinc tungstate crystals subjected to heat treatment in an oxygen atmosphere or irradiation with high-energy oxygen ions are presented. The introduction of oxygen leads to a decrease in the efficiency of photoluminescence. In addition, the introduction by heat treatment leads to a change in the excitation spectrum. It is assumed that the observed change in the characteristics of photoluminescence is due to the destruction of complexes formed during crystal synthesis, including glow centers. During heat treatment in an oxygen atmosphere, the destruction of emitting complexes occurs at a depth comparable to the penetration depth of exciting photons. A sharp decrease in the efficiency of luminescence excitation with increasing energy of exciting photons is explained by the presence of a concentration gradient of oxygen entering the diffusion and, accordingly, of destroyed emitting complexes. An assessment was made of the oxygen entry depth; the characteristic entry depth was 20 nm when processed for 7 hours at 900 °C.

Keywords: zinc tungstate, photo and cathodoluminescence, oxygen, complex defects.

References

- 1 Lokucievskij O.M., Gavrikov M.B. Nachala chislenogo analiza [Elements of numerical analysis] (Yanus, Moscow, 1995). [in Russian]
- 2 Stepanenko V.F., Endo S., Kaprin A.D., Ivanov S.A., Kadzhimoto T., Tanaka K., Kolyzhenkov T.V., Petuhov A.D., Ahmedova U.A., Bogachyova V.V., Korotkov V.A., Hoshi M. Opyt instrumental'noj ocenki nakoplennoy doz vneshnego oblucheniya s ispol'zovaniem metoda retrospektivnoj ljuminescentnoj dozimetrii po edinichnym mikrokrystalлам kvarca i zkvarcosoderzhashhih obrazcov, otobrannyh v prefecture Fukusima, Japonija [An experience of instrumental estimation of cumulative external doses using single grain luminescence retrospective dosimetry method with quartz containing samples from Fukushima prefecture, Japan], Radiacija i risk [Radiation and Risk], 27(3), 79-90 (2018). [in Russian]
- 3 Zhubanysheva A.Zh., AbikenovaSh.K. O normah proizvodnyh funkcionij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh funkcionjalov i ih primenenija k poperechnikovym zadacham [About the norms of the derivatives of functions with zero values of a given set of linear functionals and their application to the width problems]. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennaja 110-letiju so dnja rozhdenija akademika S.M.Nikol'skogo "Funkcional'nye prostranstva i teoriya priblizhenija funkcionij" [International conference on Function Spaces and Approximation Theory dedicated to the 110th anniversary of S. M. Nikol'skii]. Moscow, 2015, pp. 141-142. [in Russian]
- 4 Kurmukov A. A. Angioprotektornaja i gipolipidemicheskaja aktivnost' leukomizina [Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin] (Bastau, Almaty, 2007, P. 3-5). [in Russian]
- 5 Dovesi R., Saunders V.R., Roetti C., Orlando R., Zicovich-Wilson C.M., Pascale F., Civalleri B., Doll K., Harrison N.M., Bush I.J., D'Arco P., and Llunell M. CRYSTAL14 User's Manual University of Torino, Italy. [Electronic resource]. Available at: <http://www.crystal.unito.it> (Accessed: 20.01.2019).

Сведения об авторах:

Карипбаев Ж.Т. - доктор PhD, и.о. доцента кафедры технической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Сұлтан, Казахстан.

- Абуова А.У.* - доктор PhD, и.о. доцента кафедры технической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, улица Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.
- Алтысова Г.К.* - докторант 2 года обучения специальности "Техническая физика", Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.
- Сәрсенғалиева К.М.* - магистрант 2 года обучения специальности "Техническая физика", Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.
- Байжолов К.А.* - магистрант 2 года обучения специальности "Техническая физика", Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.
- Кукенова А.Б.* - магистрант 1 года обучения специальности «Нanomатериалы и нанотехнологии», Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.
- Здоровец М.В.* - к.ф.-м.н., директор Института ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан.
- Karipbayev Zh.T.* - Ph.D., L.N. Gumilyov Eurasian National University, acting associate professor of the Department of Technical Physics, K. Munaitpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Abuova A.U.* - Doctor of Philosophy, LN Gumilyov Eurasian National University, acting associate professor of the Department of Technical Physics, K.Munaytpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Alpyssova G.K.* - 2nd year PhD student of the specialty "Technical Physics", L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaitpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Sarsengaliyeva K.M.* - 2nd year MSc of the specialty "Technical Physics", L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaitpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Bayzholov K.A.* - 2nd year MSc of the specialty "Technical Physics", L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaitpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Kukenova A.B.* - 1st year year MSc of specialty "Nanomaterials and nanotechnologies", L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaitpasov St., 13. Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Zdorovets M.V.* - Candidate of Physico-mathematical Sciences, Director of the Astana branch of the Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Редакторы: А.Т. Ақылбеков

Шығарушы редактор, дизайн: Г. Мендыбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы.
-2020 - 2(131) - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. 121-б.
Шартты б.т. - 9,375 Таралымы - 25 дана. Басуға 05.06.2020 ж. қол қойылды.

Ашық қолданудағы электрондық нұсқа: <http://bulphysast.enu.kz/>

Мазмұнына типография жауап бермейді.

Редакция мекен-жайы: 010008, Нұр-Сұлтан қ.,
Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(7172) 70-95-00(ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды