

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**

№1(130)/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
А.Т. Ақылбеков (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары

Гиниятова Ш.Г., ф.-м.ғ.к., доцент
(Қазақстан)

Редакция алқасы

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

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
A.T. Akilbekov (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

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

Editorial Board

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

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

Зам. главного редактора

Ш.Г. Гиниятова к.ф.-м.н., доцент
(Казахстан)

Редакционная коллегия

Арынгазин А.К.	доктор ф.-м.н.(Казахстан)
Алдонгаров А.А.	PhD (Казахстан)
Балапанов М.Х.	д.ф.-м.н., проф. (Россия)
Бахтизин Р.З.	д.ф.-м.н., проф. (Россия)
Даулетбекова А.К.	д.ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Ержанов К.К.	к.ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	PhD (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н.(Казахстан)
Кадыржанов К.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	к.ф.-м.н. (Казахстан)
Кутербеков К.А.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Лущик А.Ч.	д.ф.-м.н., проф. (Эстония)
Морзабаев А.К.	д.ф.-м.н. (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Сауытбеков С.С.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Салиходжа Ж.М	к.ф.-м.н. (Казахстан)
Тлеукунов С.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD (Казахстан)
Хоши М.	PhD, проф. (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

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

№1(130)/2020

МАЗМҰНЫ

<i>Сарсенова С.М., Сүлейменов Т.Б., Жумадилов К.Ш.</i> Ақмола облысы аумағында дозиметриялық зерттеулер жүргізу үшін үлгілерді дайындау әдістемесі	8
<i>Кайнарбай А.Ж., Нуразматов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Балабеков К.Н., Ахметова А.С., Юсупбекова Б.Н., Жунусбеков А.М., Дауренбеков Д.Х., Какимшишов Е.А.</i> Полимер матрицасындағы CdSe және CdSe/CdS жоғарылюминесцентті нанокристалдар негізіндегі гибриді композиттердің оптикалық қасиеттері	16
<i>Нуразматов Т.Н., Садықова Б.М., Жаңылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н., Әлбай Т., Таймуратова Л.У., Әділ Б., Досполов А., Төлеков Д.А.</i> CaSO ₄ және K ₂ SO ₄ кристалдарындағы меншікті люминесценция табиғаты	26
<i>Ажылбекова А., Шаяманов Б., Усеинов А., Даулетбекова А., Баймуханов З., Козловский А., Гиниятова Ш., Попов А.И., Байжуманов М.</i> ZnSe ₂ O ₅ нанокристалдарының эксперименттік және теориялық зерттеулері	34
<i>Инербаев Т.М., Базарбек А.Б., Сағатов Н.Е., Ажылбеков А.Т.</i> Жер ядросының қысымындағы темір фосфидтерінің жай-күйі теңдеулерінің алғашқы ретті есептері	44
<i>Мендибаев К.О., Уразбеков Б.А., Лукьянов С.М., Кутербеков К.А., Джансейитов Д.М., Исатаев Т.Г., Жолдыбаев Т.К., Азнабаев Д., Валиолда Д.С., Кроха В., Мразек Д., Пеннионжеквич Ю.Э., Кабышев А.М., Мұхамбетжан А.М.</i> Дейтрондардың ⁹ Be ядросымен өзара әрекеттесуі кезінде түрлі теориялық модельдер шеңберінде бір нуклонды берілістерді зерттеу	50
<i>Опахай С., Кутербеков К.А., Соловьев А.А., Нуркенов С.А., Нығыманова А.С.</i> Жұқа пленкалы материалдар негізіндегі төмен температурадағы қатты оксидті отын элементтерінің дамуы	64
<i>Ракишев Ж.Б., Аппазова Ш.Т., Бейсембаева Б.С.</i> Ғарыш ашпараттының қозғалысын сипаттау нұсқалары туралы	74
<i>Амангелді Н., Солдатхан Д., Ергалиұлы Ғ.</i> ¹⁶ O+ ¹² O ядролық жүйе үшін 20, 24 МэВ энергияларындағы серпінді шашыраудың оптикалық потенциалының параметрлерін анықтау	78
<i>Дәтей А.М., Амангалиева Р.Ж., Гиниятова Ш.Г.</i> Термоядролық реакторда қабырға маңындағы плазмалы-тозанды құрылымдардың қасиеттерін зерттеу	84
<i>Усеинов А.Б., Усеинов Б.М., Ажылбеков А.Т., Бекжанов Е.С.</i> Мырыш оксиді кристалдарының электр өткізгіштігі. «Алғашқы принциптер» зерттеу	90
<i>Балахаева Р., Кәрім Қ., Ажылбеков А., Баймуханов З., Гиниятова Ш., Байжуманов М., Даулетбекова А.</i> Температура мен тұндыру әдістерінің CdTe нанокристалдарының құрылымдық қасиеттеріне әсері	100

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

№1(130)/2020

CONTENTS

<i>Sarsenova S.M., Suleimenov T.B., Zhumadilov K.Sh.</i> Methodology of sample preparation for conducting dosimetric research on the territory of Akmola region	8
<i>Kainarbay A.Z., Nurakhmetov T.N., Ussipbekova B., Salikhodzha Z.M., Balabekov K.N., Akhmetova A.S., Yussupbekova B.N., Zhunusbekov A.M., Daurenbekov D.H., Kakimishov E.A.</i> Optical properties of hybrid composites based on highly luminescent CdSe and CdSe / CdS nanocrystals in the polymer matrix	16
<i>Nurakhmetov T.N., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N., Alibay T.T., Taimuratova L.U., Adil B., Dospolov A., Tolekov D.A.</i> The nature of intrinsic luminescence in CaSO ₄ and K ₂ SO ₄ crystals	26
<i>Akylbekova A., Shayamanov B., Usseinov A., Dauletbekova A., Baimukhanov Z., Kozlovskiy A., Giniyatova Sh., Popov A., Baizhumanov M.</i> Experimental and theoretical studies of ZnSe ₂ O ₅ nanocrystals	34
<i>Inerbaev T.M., Bazarbek A.B., Sagatov N.E., Akilbekov A.T.</i> First principle calculations of iron phosphide state equations at earth core pressures	44
<i>Mendibayev K.O., Urazbekov B.A., Lukyanov S.M., Kuterbekov K.A., Janseitov D.M., Isataev T., Zholdybayev T., Aznabayev D., Valiolda D.S., Kroha V., Mrazek D., Penionzhkevich Yu.E., Kabyshev A.M., Mukhambetzhana A.M.</i> Study of one-nucleon transfer reaction for the interaction of neutrons with the ⁹ Be nuclei within various theoretical models	50
<i>Opakhai S., Kuterbekov K.A., Solovyev A.A., Nurkenov S.A., Nygmanova A.S.</i> Development in low-temperature solid oxide fuel cells based on thin-film materials	64
<i>Rakishev Zh.B., Appazova Sh.T., Beisembayeva B.S.</i> About some options of the probability theory of description of motion of space vehicle	74
<i>Amangeldi N., Soldatkhan D., Yergaliuly G.</i> Determination of elastic scattering potential parameter at energies of 20, 24 MeV for the nuclear system ¹⁶ O+ ¹² C	78
<i>Datey A.M., Amangaliyeva R.Zh., Giniyatova Sh.G.</i> Investigation of plasma-dust structures properties formed near the walls of a thermonuclear reactor	84
<i>Usseinov A.B., Useinov B.M., Akilbekov A.T., Bekzhanov E.S.</i> The electrical conductivity of zinc oxide crystals. First principles study	90
<i>Balakhayeva R., Karim K., Akilbekov A., Baymukhanov Z., Giniyatova Sh., Baizhumanov M., Dauletbekova A.</i> Influence of temperature and deposition methods on the structural properties of CdTe nanocrystals	100

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сарсенова С.М., Сулейменов Т.Б., Жумадилов К.Ш.</i> Методика подготовки образцов для проведения дозиметрических исследований на территории Акмолинской области	8
<i>Кайнарбай А.Ж., Нурахметов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Балабеков К.Н., Ахметова А.С., Юсупбекова Б.Н., Жунусбеков А.М., Дауренбеков Д.Х., Какимишов Е.А.</i> Оптические свойства гибридных композитов на основе высоколюминесцирующих нанокристаллов CdSe и CdSe/CdS в матрице полимеров	16
<i>Нурахметов Т.Н., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н., Алибай Т.Т., Таймуратова Л.У., Адиль Б., Досполов А., Толеков Д.А.</i> Природа собственной люминесценции в кристаллах CaSO ₄ и K ₂ SO ₄	26
<i>Акылбекова А., Шаяманов Б., Усеинов А., Даулетбекова А., Баймуханов З., Козловский А., Гиниятова Ш., Попов А.И., Байжуманов М.</i> Экспериментальные и теоретические исследования нанокристаллов ZnSe ₂ O ₅	34
<i>Инербаев Т.М., Базарбек А.Б., Сагатов Н.Е., Акилбеков А.Т.</i> Первопринципные расчеты уравнений состояния фосфидов железа при давлениях ядра Земли	44
<i>Мендибаев К.О., Уразбеков Б.А., Лукьянов С.М., Кутербек К.А., Джансейтов Д.М., Исатаев Т.Г., Жолдыбаев Т.К., Азнабаев Д., Валиолда Д.С., Кроха В., Мразек Д., Пеннионжскевич Ю.Э., Кабышев А.М., Мухамбетжан А.М.</i> Исследование однонуклонных передач при взаимодействии дейтронов с ядром ⁹ Be в рамках различных теоретических моделей	50
<i>Опахай С., Кутербек К.А., Соловьев А.А., Нуркенов С.А., Ныгыманова А.С.</i> Развитие низкотемпературных твердооксидных топливных элементов на основе тонкопленочных материалов	64
<i>Ракишев Ж.Б., Аптазова Ш.Т., Бейсембаева Б.С.</i> О некоторых вариантах описания движения космического аппарата	74
<i>Амангелди Н., Солдатхан Д., Ергалиұлы Ф.</i> Определение параметров потенциала упругого рассеяния при энергиях 20, 24 МэВ для ядерной системы ¹⁶ O+ ¹² C	78
<i>Датей А.М., Амангалиева Р.Ж., Гиниятова Ш.Г.</i> Исследование свойств плазменно-пылевых структур, образующихся вблизи стенок термоядерного реактора	84
<i>Усеинов А.Б., Усеинов Б.М., Акилбеков А.Т., Бекжанов Е.С.</i> Электропроводность кристаллов оксида цинка. Исследования из первых принципов	90
<i>Балахаева Р.К., Карим К.Б., Акилбеков А.Т., Баймуханов З.К., Гиниятова Ш.Г., Байжуманов М.Ж., Даулетбекова А.К.</i> Влияние температуры и способов осаждения на структурные свойства нанокристаллов CdTe	100

МРНТИ: 29.19.19; 29.19.22

А. Акылбекова¹, Б. Шаяманов¹, А. Усеинов¹, А. Даулетбекова¹, З. Баймуханов¹,
А. Козловский², Ш. Гиниятова¹, А.И. Попов³, М. Байжуманов¹

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

² Астанинский филиал Института ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан

³ Институт физики твердого тела Латвийского университета, Рига, Латвия
(E-mail: ¹ aiman88_88@mail.ru)

Экспериментальные и теоретические исследования нанокристаллов $ZnSe_2O_5$

Аннотация: В данной работе представлены экспериментальные и теоретические результаты исследования нанокристаллов $ZnSe_2O_5$, которые были синтезированы методом электрохимического осаждения с использованием сульфатного раствора при напряжении 1.25В в ионный трековый темплэйт. Изучена морфология и поперечный скол осажденных образцов с использованием сканирующей электронной микроскопии. Рентгеноструктурное исследование показало создание нанокристаллов $ZnSe_2O_5$ с орторомбической кристаллической структурой.

Неэмпирические расчеты показали, что $ZnSe_2O_5$ имеет прямую запрещенную зону в Γ -точке, а рассчитанные эффективные заряды атомов указывают на значительный ковалентный вклад в химические связи, образуя смешанную ионно-ковалентную связь.

Фотолюминесценция возбуждалась светом с длиной волны 300 нм и является, по нашему предположению, симбиозом люминесценции оксида цинка и селенида цинка.

Ключевые слова: ионный трековый SiO_2/Si темплэйт, электрохимическое осаждение, нанокристаллы диселената цинка, неэмпирический расчет.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-130-1-34-43>

Поступила: 27.01.2020 / Доработана: 14.02.2020 / Допущена к опубликованию: 4.03.2020

Введение. В настоящее время к трековой технологии проявляется особый интерес, так как это технология является инструментом для получения новых наноструктур. В основе трековых технологий лежит идея использования ионных треков [1-4]. Наиболее яркое использование этой технологии относится к созданию полимерных трековых мембран, так называемых ядерных мембран [5]. Ядерные мембраны получают облучением тяжелыми ионами с высокой энергией полимерной пленки и с последующей физико-химической обработкой. В результате исходная пленка превращается в микрофильтрационную мембрану со сквозными порами цилиндрической формы. Эти системы широко используются в медицине, биологии. В настоящее время ядерные мембраны, также используют для формирования различных наноматериалов методом темплэйтного синтеза. Таким методом были получены Ni, Pt, Cu, Ag, Au сеть [6], Ag наночастицы; Cu, Pt, Ni, Ag, Zn, Au, нанотрубки [7 - 12].

Кроме полимерных материалов, в качестве ионных трековых темплэитов используются структуры типа $\alpha-SiO_2/Si$. В работе [13] описаны формирование трековых наноструктур на основе SiO_2/Si и особенности этих систем. С использованием этого типа темплэитов были получены, например, металлические нанокристаллы Au, Cu [14], ZnO [15, 16], $ZnSe_2O_5$ [17], наночастицы Ni, Cu [18], PbSe, CdTe [19]

Данный метод является перспективным для инженерии полупроводниковых материалов на основе A^3B^5 и A^2B^6 с интеграцией в кремниевую технологию и возможным использованием в микро-, опто- и наноэлектронике.

Целью исследований в данной работе является получение и исследование нанокристаллов диселенида цинка методом темплэйтного синтеза (электрохимическое осаждение) в ионный трековый темплэйт $\alpha-SiO_2/Si$ -п.

Синтез, экспериментальные и теоретические исследования нанокристаллов 1. Получение трековых темплэйтов

Структура α - SiO_2/Si -п, изготовленная термоокислением Si -п в атмосфере влажного кислорода при 900°C с толщиной оксидного слоя 700 нм, облучалась ионами Xe с энергией 200 MeV до флюенса 10^7 ионов/ cm^2 .

Химическое травление облученных образцов SiO_2/Si проводилось в 4% водном растворе $\text{HF} + m(\text{Pd})=0,025$ г, температура травления $T=18^\circ\text{C}$, время травления 10 мин. До и после травления треков проводилась ультразвуковая очистка (6.SB25-12DTS) поверхности образцов в изопропанол в течение 15 минут. После обработки образцы промывались в деионизованной воде (18,2 МОм). Анализ нанопор после травления проводился методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с помощью микроскопа JSM 7500F.

2. Электрохимическое осаждение

Морфология и поперечный срез полученных образцов после осаждения исследовали с помощью растрового электронного микроскопа Hitachi S-4800.

Электрохимическое осаждение (ЭХО) ZnSe_2O_5 проводили в электролите: $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 7.2 г/л; SeO_2 - 0.2 г/л. Препараторы ZnSO_4 и SeO_2 растворялись в деионизованной воде, затем смешивали два раствора. Осаждение проводилось при напряжении $U=1.25\text{В}$ в течение 15 мин в комнатной температуре (18°C).

Для электрохимического осаждения нами была подготовлена специальная ячейка (бокс), в который ставится исследуемый образец и заливается приготовленный нами сульфатный раствор для осаждения. Для осаждения создается конструкция, состоящая из деревянной подставки, цинковых электродов, ПВХ бокса, раствора и резинки (рис.1).

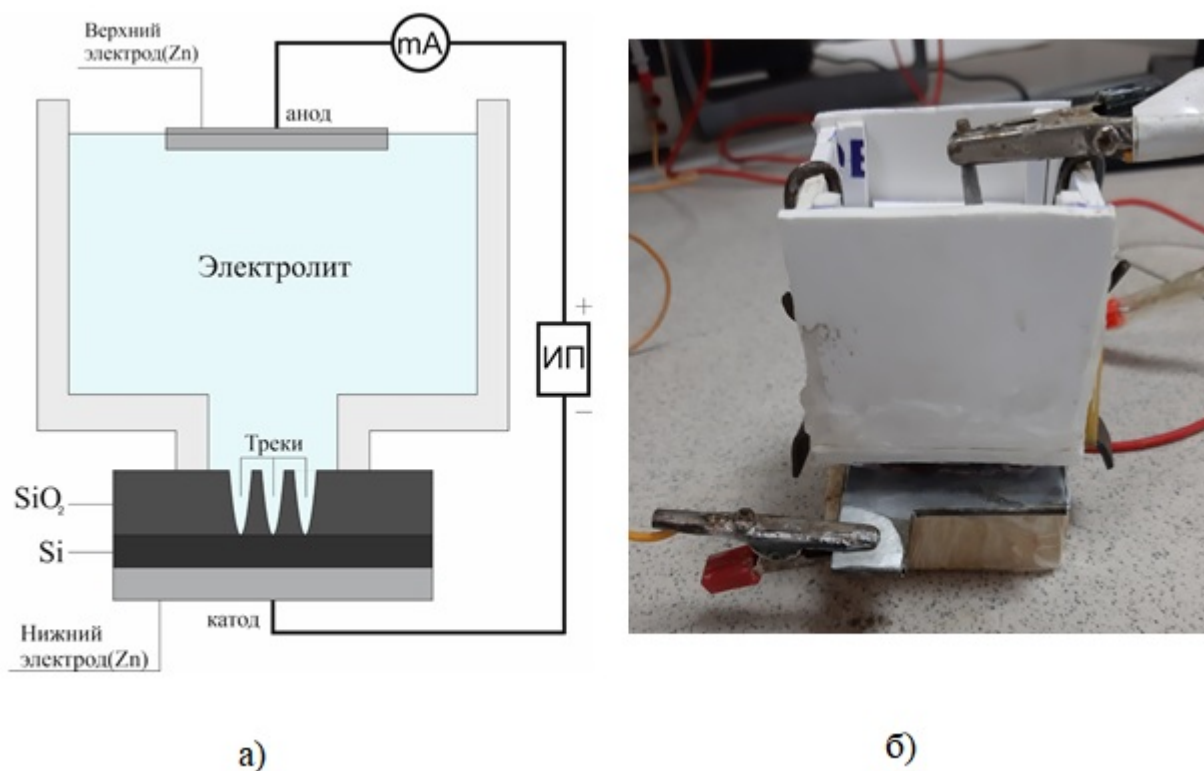


Рисунок 1 – а) схема установки для ЭХО; б) ячейка с цинковыми электродами для ЭХО

3. Исследование поверхности и поперечного скола трековых темплэйтов после осаждения

На рисунке 2 показано СЭМ изображения образца после ЭХО. Анализ СЭМ изображений показал, что заполнение нанопор составляет 80%. Рентгеноструктурное исследование образца установило создание монофазных нанокристаллов $ZnSe_2O_5$ с орторомбической кристаллической структурой и пространственной группы $Pbcn(60)$.

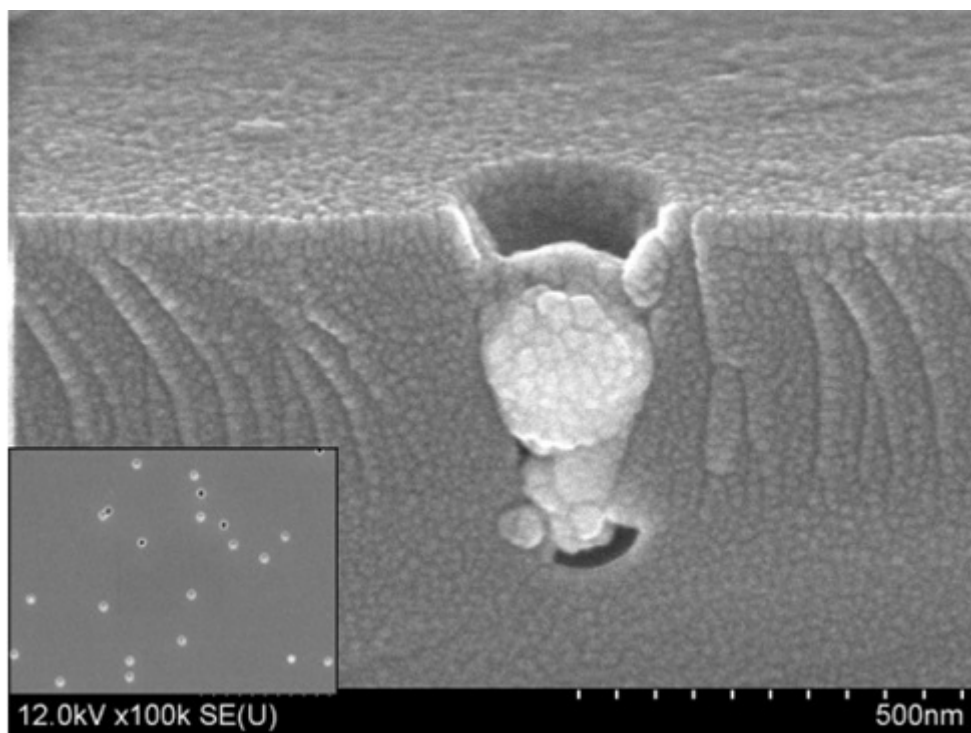


Рисунок 2 – СЭМ-изображения поперечного скола исследуемого образца после ЭХО в течение 15 мин.: 1.25 В. Вставка - поверхность образца после ЭХО

4. Структурные исследования

Рентгеноструктурный анализ (РСА) образцов проводился на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE ECO.

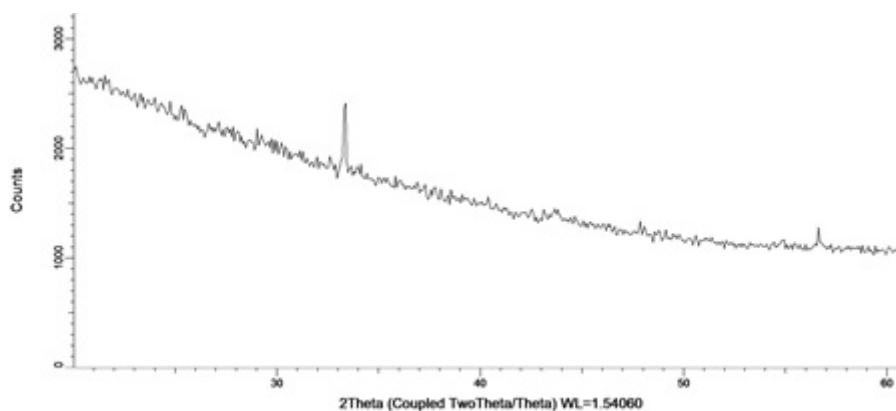


Рисунок 3 – Рентгеновская дифрактограмма исследуемого образца

Полученные нами параметры решетки орторомбической элементарной ячейки $ZnSe_2O_5$ совпадают с данными, полученными для монокристаллов [20].

Таблица 1 – Параметры нанокристаллов $ZnSe_2O_5$

№	Фаза	Тип структуры	Пространственная группа	(hkl)	$2\theta^\circ$	d, Å	L, nm	Параметры ячейки, Å	Степень кристалличности, %
1	$ZnSe_2O_5$	Orthorhombic	Pbcn(60)	161	56.668	1.62301	108.21	a=6.82495, b=10.30976, c=6.16404	62

5. Компьютерное моделирование

Для подтверждения полученных экспериментальных данных для нанокристаллитов $ZnSe_2O_5$ мы провели неэмпирические расчеты основных свойств кристалла $ZnSe_2O_5$ в приближении линейных комбинаций атомных орбиталей (ЛКАО) с использованием обменно-корреляционного функционала LDA-PZ теории функционала плотности [21,22]. Расчеты выполнены в программе CRYSTAL [23]. Данная программа выполняет расчеты электронной структуры кристаллических систем с использованием методов Хартри-Фока, функционала плотности (DFT) и различных гибридных аппроксимаций в сочетании с базисом (набором) локальных гауссовских функций для периодических (3D, 2D, 1D) систем и зарекомендовала себя как надежный инструмент для описания разных свойств широкого ряда материалов. Для описания атомных орбиталей неприводимых атомов были выбраны следующие базисные наборы функций типа Гаусса: $ZnSe_2O_5$ для атома цинка и кислорода использован базис Яффе (Jaffe) [24], а для атома селена базис Таулера (Towler) [25]. Для лучшего описания кристаллических свойств в оригинальном базисе Таулера была удалена последняя диффузная sp-орбиталь. В расчетах самосогласования (SCF) для кулоновских и обменных интегралов были выбраны следующие пределы точности 10^{-8} , 10^{-8} , 10^{-8} , 10^{-8} , 10^{-16} . Эффективные заряды атомов и заселенность связей были рассчитаны с помощью анализа Малликена [26]. Периодическая модель элементарной ячейки, состоящей из 32 атомов, представлена на рисунке 4,а.

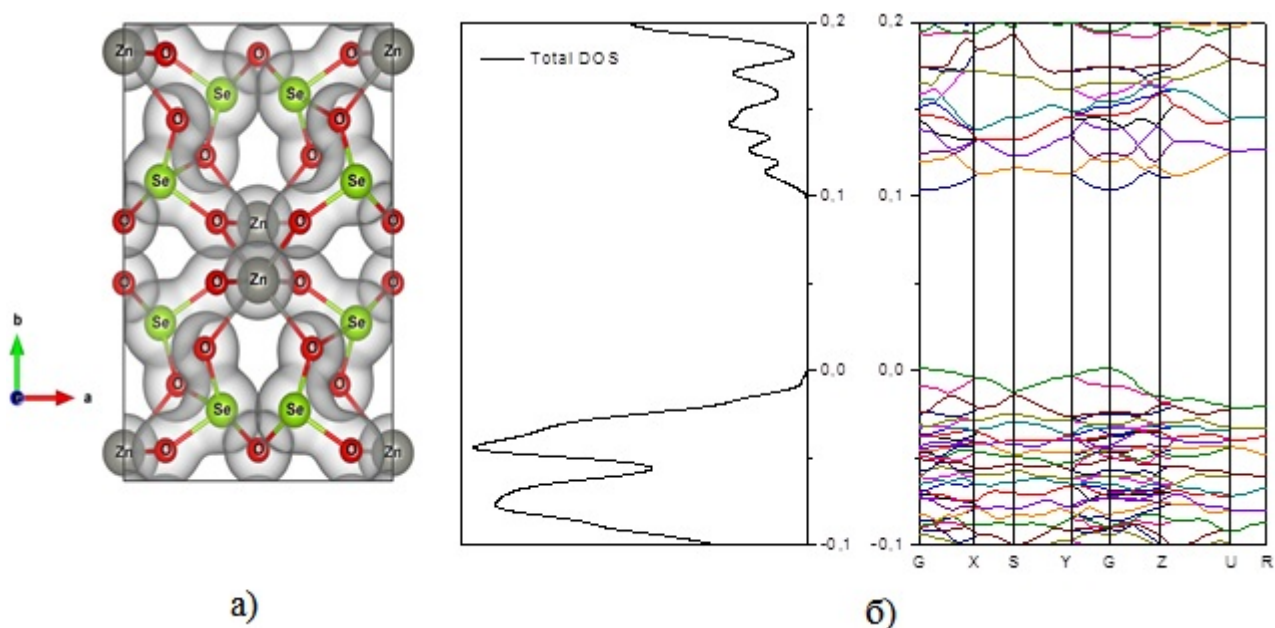


Рисунок 4 – а) Кристаллическая решетка $ZnSe_2O_5$ и изоповерхности электронного распределения. Показаны границы примитивной ячейки и направления векторов трансляций. Большие (серые) шары представляют собой атомы Zn, средние (зеленые) означают атомы Se, а маленькие (красные) атомы представляют собой атомы O. б) Плотность состояний и зонная структура идеального кристалла $ZnSe_2O_5$

Для нахождения различных свойств кристалла (физических, механических и др.) была использована периодическая модель примитивной ячейки $ZnSe_2O_5$, состоящая из 32 атомов (рис.4, а). Рассчитанные параметры решетки (a, b, c), плотность кристалла (ρ_V), эффективные заряды на атомах (q_{eff}) представлены в таблице 2 вместе с известными экспериментальными результатами.

 Таблица 2 – Основные свойства нанокристаллов $ZnSe_2O_5$

Parameter	Thiswork, Exper.	Thiswork, Calc.	Exper. [20]
$a, \text{Å}$	6,71034 Å	6.86	$6.797 \pm 0.002 \text{ Å}$
$b, \text{Å}$	10,34140 Å	10.14	$10.412 \pm 0.003 \text{ Å}$
$c, \text{Å}$	6,24588 Å	5.77	$6.068 \pm 0.002 \text{ Å}$
Space group	<i>Pbcn</i>	<i>Pbcn</i>	<i>Pbcn</i>
ρ_V (g/cm ³)	4.69[27]	4.971	4.69
q_{eff} (Zn/Se/O)	-	+1.23/+1.41/-0.833	-

На рисунке 4 б показана зонная структура кристалла вместе с плотностью электронного состояния, из которой видно, что запрещенная зона составляет 0.102 а.у. (1 а.у.=27.21 eV) или 2.8 эВ, что очень близко к другому расчетному значению, равному 3.04 эВ [27]. Кристалл является прямозонным с наименьшим значением запрещенной зоны в Γ -точке.

6. Люминесцентные свойства

Измерения спектров флуоресценции (ФЛ) $ZnSe_2O_5$ производились при помощи флуоресцентного спектрофотометра Cary Eclipse фирмы «Аджилент» в Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа (ННЛОТ) при КазНУ им.АльФараби (рисунок 5). В спектрофлуориметре источником света служит импульсная ксеноновая лампа.



Рисунок 5 – Флуоресцентный спектрофотометр

В приборе используются дифракционные решетки 30×35 мм, 120 линий/мм. Оптический диапазон возбуждения и эмиссии составляет 190-1100 нм. Выделяемая щелью спектральная область может изменяться дискретно в пределах 1.5, 2.5, 5, 10 нм.

Возбуждение осуществлялось светом с длиной волны, равной 300 нм от ксеноновой лампы. Спектры ФЛ регистрировались в диапазоне от 300 нм до 800 нм при комнатной температуре.

Люминесцентные свойства $ZnSe_2O_5$ можно ожидать как симбиоз люминесценции оксида цинка и селенида цинка. Анализ структуры (рис. 4 б) показывает, что свечение, обусловленное ZnO, более преимущественно по сравнению со свечением ZnSe, поскольку здесь связь Zn – Se осуществляется через O. На рисунке 5 представлен дифференциальный спектр ФЛ после

ЭХО. Сравнение этого спектра со спектрами ФЛ ZnO и ZnSe позволяет нам предположить, что полоса с максимумом 500нм (зеленая люминесценция) обусловлена кислородными вакансиями (VO) как для ZnO [28]. Полоса с максимумом 422 нм, синяя ФЛ, обусловлена вакансиями цинка (VZn) в ZnO [28]. Полоса ФЛ с максимумом 422 нм связана с вакансиями цинка (VZn) в решетке $ZnSe_2O_5$. ФЛ с максимумом при 352 нм в ZnO WS объясняется экситонной люминесценцией (3.32-3.27) эВ [29], аналогичная люминесценция наблюдается в $ZnSe_2O_5$, но менее интенсивная. В спектрах РЛ и ФЛ монокристаллов ZnSe наблюдаются широкие рекомбинационные полосы с максимумами при 626 и 963 нм. В нашем спектре ФЛ наблюдается полоса с максимумом 625нм. В ZnSe данная полоса приписывается авторами [30] комплексному центру, состоящему из вакансии цинка и примесного мелкого донора: $V_{Zn} + D$. Дальнейшее ИК свечение очень слабое.

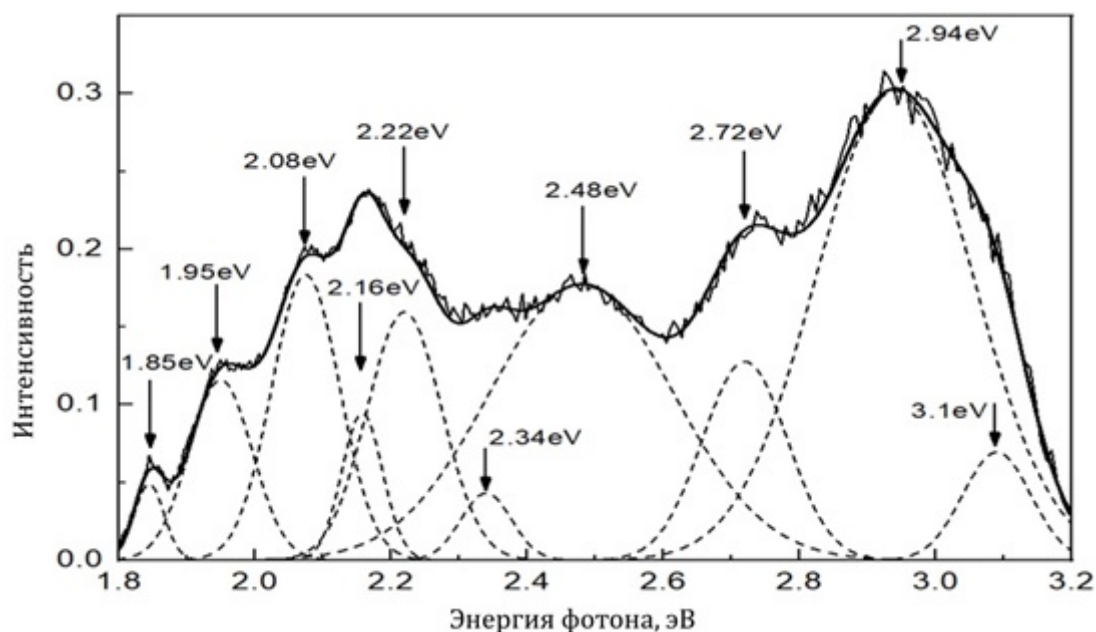


Рисунок 6 – Дифференциальный спектры ФЛ после ЭХО

Выводы. Полученные методом электрохимического осаждения в ионный трековый темплэйт нанокристаллы $ZnSe_2O_5$ имеют орторомбическую кристаллическую структуру и параметры кристаллической решетки совпадающие с аналогичными результатами других работ. Основные свойства $ZnSe_2O_5$, рассчитанные с помощью программы CRYSTAL хорошо коррелируют с нашими экспериментальными данными и данными других работ. Исследование зонной структуры $ZnSe_2O_5$ позволяет сделать следующий вывод: кристалл является прямозонным, с шириной запрещенной зоны 2.8 эВ в Г-точке, а распределение заряда на ионах и на химических связях показало, что кристалл имеет смешанную ионно-ковалентную химическую связь.

Из анализа фотолюминесценции кристаллов $ZnSe_2O_5$ мы предполагаем, что небольшая интенсивность фотолюминесценции, возбуждаемая светом в 300 нм, обусловлена в основном цинковыми и кислородными вакансиями.

Список литературы

- 1 Fink D., Chadderton L.T., Hoppe K., Fahrner W.R., Chandra A., Kiv A. Swift-heavy ion track electronics (SITE). // Nucl. Instr. and Meth. B. -2007. -Vol. 261. -P.727.
- 2 Fink D., Petrov A., Hoppe H., Fahrner W.R., Papaleo R.M., Berdinsky A., Chandra A., Biswas A., Chadderton L.T. Etched ion tracks in silicon oxide and silicon oxynitride as charge injection channels for novel electronic structures. // Nucl. Instr. and Meth. B. -2004. -Vol. 218. -P.355.
- 3 Fink D., Petrov A., Fahrner W.R., Hoppe K., Papaleo R.M., Berdinsky A., Chandra A., Zrineh A., Chadderton L.T. Ion track based nanoelectronics. // Int. J. Nanosci. -2005. -Vol. 4. -P.965.

- 4 Hoppe K., Fahrner W.R., Fink D., Dhamodoran S., Petrov A., Chandra A., Saad A., Faupel F., Chakravadhanula V.S.K., Zaporotchenko V. An ion track based approach to nano- and micro-electronics. // Nucl. Instr. and Meth. B. -2008. -Vol. 266. -P.1642.
- 5 Apel P.Y. Track-Etching. Encyclopedia of Membrane Science and Technology. Wiley. -2013. -332-356 p.
- 6 Velleman L., Shapter J.G. and Losic D. Gold nanotube membranes functionalised with fluorinated thiols for selective molecular transport. // J.Membr. Sci. -2009. -Vol. 328. -P.121-126.
- 7 Muench F., Oezaslan M., Seidl T., Lauterbach S., Strasser P., Kleebe H.-J. and Ensinger W. Multiple activation of ion track etched polycarbonate for the electroless synthesis of metal nanotubes. // Appl. Phys. A. -2011. -Vol. 105. -P.847-850.
- 8 Enculescu I., Sima M., Enculescu M., Matei E., Toimil Molares M.E., Cornelius Th. Nickel nanotubes prepared by electroless deposition in ion track templates. // Optoelectron. Adv. Mat. 2. - 2008. Vol. 3.- P. 133-136.
- 9 Shao P. Gold nanotube membranes: Preparation, characterization and application for enantioseparation. // J. Membr. Sci. -2005. -Vol. 255. -P. 1-11.
- 10 Kumar V., Singh R., Chakarvarti S.K. Novel electroless template based synthesis of silver microtubules and their characterization. // Dig. J. Nanomater. Biostruct. -2007. -Vol.2. -№ 1. -P. 163-167.
- 11 Pashchanka M., Hoffmann R.C., Gurlo A., Swarbrick J.C., Khanderi J., Engstler J., Issanin A., Schneider J.J. A molecular approach to Cu doped ZnO nanorods with tunable dopant content. // Dalton Trans.- 2011. - Vol. 40. - P. 4307.
- 12 Kadyrzhanov D.B., Zdorovets M.V., Kozlovskiy A.L., Kenzhina L.E., Petrov A.V. Modification of structural and conductive properties of Zn nanotubes by irradiation with electrons with an energy of 5 MeV. // Mater. Res. Express. -2017. -Vol. 4. - №12. -P. 125023
- 13 Даулетбекова А.К., Гиниятова Ш.Г., Акылбекова А.Д., Балахаева Р.К., Усеинов А.Б., Баймуханов З.К. Трековые технологии: Монография. - Нур-Султан: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2019. - 212 с.
- 14 Kluth P., Johannessena B., Glover C.J., Foran M.C. Ridgway Disorder in Au and Cu nanocrystals formed by ion implantation into thin SiO₂ // Nucl. Instr. Meth. B. -2005. - Vol. 238. - P. 285-289.
- 15 Dauletbekova A., Vlasukova L., Baimukhanov Z., Akilbekov A., Kozlovskiy A., Giniyatova Sh., Seitbayev A., Usseinov A., Akylbekova A. Synthesis of ZnO nanocrystals in SiO₂/Si track template: Effect of electrodeposition parameters on structure // Physica Stat solidi B. -2019. -Vol. 256. -№5. -P. 1800408.
- 16 Giniyatova Sh., Dauletbekova A., Baimukhanov Z., Vlasukova L., Akilbekov A., Usseinov A., Kozlovskiy A., Akylbekova A. Structure, electrical properties and luminescence of ZnO nanocrystals deposited in SiO₂ /Si track templates // Radiation measurements. -2019. -Vol. 125. - P. 52-56.
- 17 Akylbekova A., Dauletbekova A., Baymukhanov Z., Kozlovskiy A., Usseinov A. Template Synthesis of ZnSe₂O₅ Nanocrystals // AIP Conference Proceedings. -2019. - Vol. 2174. -P. 010001.
- 18 Ivanova Yu.A., Ivanou D.K., Fedotov A.K., Streltsov E.A., Demyanov S.E., Petrov A.V., Kaniukov E.Yu., Fink D. Electrochemical deposition of Ni and Cu onto monocrystalline n-Si(100) wafers and into nanopores in Si/SiO₂ template. // J Mater Sci. - 2007. -Vol. 42. -№22. -P. 9163-9169.
- 19 Ivanou D.K., Streltsov E.A., Fedotov A.K., Mazanik A.V., Fink D., Petrov A. "Electrochemical deposition of PbSe and CdTe nanoparticles onto p-Si(100) wafers and into nanopores in SiO₂/Si(100) structure". // Thin Solid Films. -2005. -Vol. 490. -№2. -P. 154-160.
- 20 Meunier G., Bertaud M., Cristallochimie du Selenium (+IV). II. Structure Crystalline de ZnSe₂O₅. // Acta Crystallographica. Section B, Structural science. -1974. -Vol. 30. -№12. -P.2840-2843.
- 21 Dirac P. A. M.. Note on exchange phenomena in the Thomas-Fermi atom. // Proc. Cambridge Phil. Soc. -1930. -Vol. 26. -P.376.
- 22 Perdew J.P., Zunger A. Self-interaction correction to density functional approximations for many-electron systems. // Phys. Rev. B. -1981. -Vol. 23. -P.5048-5079.
- 23 Dovesi R., Saunders V.R., Roetti R., 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] - URL: <http://www.crystal.unito.it> (accessed: 4.04.2019)
- 24 Jaffe J. E. and Hess A. C. Hartree-Fock study of phase changes in ZnO at high pressure // Phys. Rev. B. -1993. - Vol. 48. -№11. - P.7903 - 7909.
- 25 Towler M.D., Zicovich-Wilson C. Selenium basis set for the crystal program. [Electronic resource] - URL: https://vallico.net/mike_towler/basis_sets/Se_basis.txt (accessed: 4.04.2019)
- 26 Mulliken R. S., Electronic population analysis on LCAO-MO molecular wave functions. // J. Chem. Phys. -1955. - V.23 -№10. -P.1833.
- 27 Jain A., Ong S.P., Hautier G., Chen W., Richards W.D., Dacek S., Cholia S., Gunter D., Skinner D., Ceder G., Persson K.A. Commentary: The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation // APL Materials. -2013. Vol. 1. -№1. -P.011002.
- 28 Studenikin S.A., Golego N., Cocivera M. Fabrication of green and orange photoluminescent, undoped ZnO films using spray pyrolysis. // J. Appl.Phys.-1998. -Vol. 84. -P.2287.
- 29 Kumano H., Ashrafi A.A., Ueta A., Avramescu A., Suemune I. Luminescence properties of ZnO films grown on GaAs substrates by molecular-beam epitaxy excited by electron-cyclotron resonance oxygen plasma. // J. Cryst. Growth. -2000. -Vol. 214-215. -P.280-283.

30 Degoda V.Ya., Sofienko A.O. Specific Features of the Luminescence and Conductivity of Zinc Selenide on Exposure to X-Ray and Optical Excitation. // Semiconductors. –2010. –Vol. 44. – №5. –P.1-7.

А. Акылбекова¹, Б. Шаяманов¹, А. Усеинов¹, А. Даулетбекова¹, З. Баймуханов¹, А. Козловский², Ш. Гиниятова¹, А.И. Попов³, М. Байжуманов¹

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

² Ядролық физика институтының Астаналық филиалы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

³ Латвия университетінің қатты дене физика институты, Рига, Латвия

ZnSe₂O₅ нанокристалдарының эксперименттік және теориялық зерттеулері

Аннотация. Бұл жұмыста ZnSe₂O₅ нанокристалдарын зерттеудің тәжірибелік және теориялық нәтижелері ұсынылған, олар иондық тректі темплэйтінде 1,25 В кернеуде сульфат ерітіндісін пайдаланып электрохимиялық тұндыруды қолданып синтезделген. Сканерлеуші электрондық микроскоптың көмегімен қарастырылған үлгілердің морфологиясы мен көлденең қимасы зерттелді. Рентгендік құрылымдық талдау орторомбтық кристалды құрылымы бар ZnSe₂O₅ нанокристалдарының түзілуін көрсетті.

Эмпирикалық емес есептеулер ZnSe₂O₅-тің Γ нүктесінде тура тыйым салынған зонаның бар екендігін, ал есептелген атомдардың тиімді зарядтары химиялық байланыстарға айтарлықтай коваленттік үлестің болуын анықтап, байланыстың аралас иондық-коваленттілігін көрсетті.

Біздің тұжырымымыз бойынша, мырыш оксиді мен мырыш селенидінің люминесценциясының симбиозы фотолюминесценцияны толқын ұзындығы 300 нм жарықпен қоздырғанда болады.

Түйін сөздер: SiO₂/Si иондық тректі темплэйт, электрохимиялық тұндыру, мырыш диселенадының нанокристалдары, эмпирикалық емес есептеу.

А. Akylbekova¹, B. Shayamanov¹, A. Usseinov¹, A. Dauletbekova¹, Z. Baimukhanov¹, A. Kozlovskiy², Sh.Giniyatova¹, A. Popov³, M. Baizhumanov¹

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

² Astana Branch of Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan

³ Institute of Solid State Physics University of Latvia, Riga, Latvia

Experimental and theoretical studies of ZnSe₂O₅ nanocrystals

Abstract. In this work, present the the experimental and theoretical results of a study of ZnSe₂O₅ nanocrystals, which were synthesized by electrochemical deposition using a sulfate solution at a voltage of 1.25 V into an ion track template. The morphology and transverse cleavage of the studied samples using scanning electron microscopy was studied. An X-ray diffraction study showed the creation of ZnSe₂O₅ nanocrystals with an orthorhombic crystal structure.

Non-empirical calculations showed that ZnSe₂O₅ has a direct band gap at the Γ -point, and the calculated effective atomic charges indicate a significant covalent contribution to chemical bonds, forming the mixed ion-covalent bond.

Photoluminescence was excited by light with a wavelength of 300 nm and, in our opinion, is a symbiosis of the luminescence of zinc oxide and zinc selenide.

Keywords: ion track SiO₂/Si template, electrochemical deposition, zinc dyselenate nanocrystals, non-empirical calculation.

References

- 1 Fink D., Chadderton L.T., Hoppe K., Fahrner W.R., Chandra A., Kiv A. Swift-heavy ion track electronics (SITE), Nucl. Instr. and Meth. B., 261, 727 (2007).
- 2 Fink D., Petrov A., Hoppe H., Fahrner W.R., Papaleo R.M., Berdinsky A., Chandra A., Biswas A., Chadderton L.T. Etched ion tracks in silicon oxide and silicon oxynitride as charge injection channels for novel electronic structures (Nucl. Instr. and Meth. B., 218, 355 (2004).
- 3 Fink D., Petrov A., Fahrner W.R., Hoppe K., Papaleo R.M., Berdinsky A., Chandra A., Zrineh A., Chadderton L.T. Ion track based nanoelectronics. Int. J. Nanosci., 4, 965 (2005).
- 4 Hoppe K., Fahrner W.R., Fink D., Dhamodoran S., Petrov A., Chandra A., Saad A., Faupel F., Chakravadhanula V.S.K., Zaporotchenko V. An ion track based approach to nano- and micro-electronics. Nucl. Instr. and Meth. B., 266, 1642 (2008).
- 5 Apel P.Y. Track-Etching. Encyclopedia of Membrane Science and Technology (Wiley, 2013, 332-356 p.)
- 6 Velleman, L., Shapter, J.G., Losic, D. Gold nanotube membranes functionalised with fluorinated thiols for selective molecular transport. J.Membr. Sci., 328, 121-126 (2009).
- 7 Muench, F., Oezaslan, M., Seidl, T., Lauterbach, S., Strasser, P., Kleebe, H.-J., Ensinger, W. Multiple activation of ion track etched polycarbonate for the electroless synthesis of metal nanotubes. Appl. Phys. A, 105, 847-850 (2011).
- 8 Enculescu, I., Sima, M., Enculescu, M., Matei, E., Toimil Molaes, M.E., Cornelius, Th. Nickel nanotubes prepared by electroless deposition in ion track templates. Optoelectron. Adv. Mat., 3, 133-136 (2008).
- 9 Shao, P. Gold nanotube membranes: Preparation, characterization and application for enantioseparation. J. Membr. Sci., 255, 1-11 (2005).
- 10 Kumar V., Singh R., Chakarvarti S.K. Novel electroless template based synthesis of silver microtubules and their characterization. Dig. J. Nanomater. Biostruct., 2(1), 163-167 (2007).
- 11 Pashchanka M., Hoffmann R.C., Gurlo A., Swarbrick J.C., Khanderi J., Engstler J., Issanin A., Schneider J.J. A molecular approach to Cu doped ZnO nanorods with tunable dopant content. Dalton Trans., 40, 4307 (2011).

- 12 Kadyrzhanov D.B., Zdorovets M.V., Kozlovskiy A.L., Kenzhina L.E., Petrov A.V. Modification of structural and conductive properties of Zn nanotubes by irradiation with electrons with an energy of 5 MeV. Mater. Res. Express., 4(12), 125023 (2017).
- 13 Dauletbekova A.K., Giniyatova Sh.G., Akylbekova A.D., Balahaeva R.K., Useinov A.B., Baimuhanov Z.K. Trekovie tehnologiy: Monographia [Track technologies: monograph] (ENU im. L.N. Gumileva, Nur-Sultan, 2019, 212 p.) [in Russian]
- 14 Kluth P., Johannessena B., Glover C.J., Foran M.C. Ridgway Disorder in Au and Cu nanocrystals formed by ion implantation into thin SiO₂. Nucl. Instr. Meth. B., 238, 285-289 (2005).
- 15 Dauletbekova A., Vlasukova L., Baimukhanov Z., Akilbekov A., Kozlovskiy A., Giniyatova Sh., Seitbayev A., Usseinov A., Akylbekova A. Synthesis of ZnO nanocrystals in SiO₂/Si track template: Effect of electrodeposition parameters on structure (Physica Stat solidi B., 5(256), 1800408 (2019).
- 16 Giniyatova Sh., Dauletbekova A., Baimukhanov Z., Vlasukova L., Akilbekov A., Usseinov A., Kozlovskiy A., Akylbekova A. Structure, electrical properties and luminescence of ZnO nanocrystals deposited in SiO₂ /Si track templates. Radiation measurements, 125, 52-56 (2019).
- 17 Akylbekova A., Dauletbekova A., Baymukhanov Z., Kozlovsky A., Usseinov A. Template Synthesis of ZnSe₂O₅ Nanocrystals (AIP Conference Proceedings, 2174, 010001 (2019).
- 18 Ivanova Yu.A., Ivanou D.K., Fedotov A.K., Streltsov E.A., Demyanov S.E., Petrov A.V., Kaniukov E.Yu., Fink D. Electrochemical deposition of Ni and Cu onto monocrystalline n-Si(100) wafers and into nanopores in Si/SiO₂ template. J Mater Sci., 42(22), 9163-9169 (2007).
- 19 Ivanou D.K., Streltsov E.A., Fedotov A.K., Mazanik A.V., Fink D., Petrov A. "Electrochemical deposition of PbSe and CdTe nanoparticles onto p-Si(100) wafers and into nanopores in SiO₂/Si(100) structure". Thin Solid Films, 490(2), 154-160 (2005).
- 20 Meunier G., Bertaud M., Cristallochimie du Selenium (+IV). II. Structure Crystalline de ZnSe₂O₅. Acta Crystallographica. Section B, Structural science, 30(12), 2840-2843 (1974).
- 21 Dirac P. A. M.. Note on exchange phenomena in the Thomas-Fermi atom. Proc. Cambridge Phil. Soc., 26, 376 (1930).
- 22 Perdew J.P., Zunger A. Self-interaction correction to density functional approximations for many-electron systems. Phys. Rev. B., 23, 5048-5079 (1981).
- 23 Dovesi R., Saunders V.R., Roetti R., 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] - URL: <http://www.crystal.unito.it> (accessed: 4.04.2019).
- 24 Jaffe J. E. and Hess A. C. Hartree-Fock study of phase changes in ZnO at high pressure. Phys. Rev. B., 48(11), 7903 - 7909 (1993).
- 25 Towler M.D., Zicovich-Wilson C. Selenium basis set for the crystal program. [Electronic resource] - URL: https://vallico.net/mike_towler/basis_sets/Se_basis.txt (accessed: 4.04.2019).
- 26 Mulliken R. S., Electronic population analysis on LCAO-MO molecular wave functions. J. Chem. Phys., 23(10), 1833 (1955).
- 27 Jain A., Ong S.P., Hautier G., Chen W., Richards W.D., Dacek S., Cholia S., Gunter D., Skinner D., Ceder G., Persson K.A. Commentary: The Materials Project: A materials genome approach to accelerating materials innovation. APL Materials, 1(1), 011002 (2013).
- 28 Studenikin S.A., Golego N., Cocivera M. Fabrication of green and orange photoluminescent, undoped ZnO films using spray pyrolysis. J. Appl.Phys., 84, 2287 (1998).
- 29 Kumano H., Ashrafi A.A., Ueta A., Avramescu A., Suemune I. Luminescence properties of ZnO films grown on GaAs substrates by molecular-beam epitaxy excited by electron-cyclotron resonance oxygen plasma. J. Cryst. Growth., 214-215, 280-283 (2000).
- 30 Degoda V.Ya., Sofienko A.O. Specific Features of the Luminescence and Conductivity of Zinc Selenide on Exposure to X-Ray and Optical Excitation. Semiconductors, 44(5), 1-7 (2010).

Сведения об авторах:

Ажылбекова А.Д. - докторант кафедры "Техническая физика", физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Даулетбекова А.К. - кандидат физико-математических наук, профессор кафедры технической физики, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Усеинов А.Б. - PhD, доцент кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Баймуханов З. - кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры технической физики, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Козловский А. - кандидат технических наук, заведующий лабораторией физики твердого тела, Институт ядерной физики, проспект Абылай хана, 2/1, Нур-Султан, Казахстан.

Гиниятова Ш. - кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель декана физико-технического факультета, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Попов А. - доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт физики твердого тела Латвийского университета, Рига, Латвия.

Байжусупанов М. - PhD, доцент кафедры технической физики, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Шаяманов Б. - магистрант кафедры "Техническая физика", физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымухана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Akylbekova A. - PhD student of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University., Kazhymukhan street, 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Dauletbekova A.K. - Candidate of physical and mathematical sciences, professor of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan str. 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Usseinov A.B. - PhD, Associate Professor of the Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan str. 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Baymukhanov Z. - Candidate of physical and mathematical sciences, Chief lecturer of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan str. 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Kozlovskiy A.L. - PhD, Head of the Laboratory of Solid State Physics, Institute of Nuclear Physics, Abilaikhan avenue 2/1, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Giniyatova Sh. - Candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor, Deputy Dean of the Department of Physics and Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan str. 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Popov A. - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Institute of Solid State Physics University of Latvia, Riga, Latvia

Baizhumanov M. - PhD, Associate Professor of the Department of of Technical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukhan str. 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Shayamanov B. - master student of the Department of technical physics, 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 және шаблонды *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).

ГТАМРК <http://grmti.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 мәтінінде 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 тыйым 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 теорамандағы 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 Нургазина 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://semr.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: КІНСКЗКА

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: ІРТҮКЗКА

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 and template 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).

5. Structure of the article

GRNTI <http://grnti.ru/>

Initials and Surname of the author (s)

Full name of the organization, city, country (if the authors work in different organizations, you need to put the same icon next to the name of the author and the corresponding organization)

Author's e-mail (s)

Article title

Abstract (100-200 words, it should not contain a big formulas, the article title should not repeat in the content, it should not contain bibliographic references, it should reflect the summary of the article, preserving the structure of the article - introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results /discussion, conclusion).

Key words (6-8 words/word combination. Keywords should reflect the main content of the article, use terms from the article, as well as terms that define the subject area and include other important concepts that make it easier and more convenient to find the article using the information retrieval system).

The main text of the article should contain an introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results / discussion, conclusion. Tables, figures should be placed after the mention. Each illustration should be followed by an inscription. Figures should be clear, clean, not scanned.

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., 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, 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: КСJBKZKX

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"

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 и шаблон 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).

5. **Схема построения статьи**

ГРНТИ <http://grnti.ru/>

Инициалы и фамилия автора(ов)

Полное наименование организации, город, страна (если авторы работают в разных организациях, необходимо поставить одинаковый значок около фамилии автора и соответствующей организации)

E-mail автора(ов)

Название статьи

Аннотация (100-200 слов; не должна содержать громоздкие формулы, по содержанию повторять название статьи; не должна содержать библиографические ссылки; должна отражать краткое содержание статьи, сохраняя структуру статьи – введение/ постановка задачи/ цели/ история, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы).

Ключевые слова (6-8 слов/словосочетаний. Ключевые слова должны отражать основное содержание статьи, использовать термины из текста статьи, а также термины, определяющие предметную область и включающие другие важные понятия, позволяющие облегчить и расширить возможности нахождения статьи средствами информационно-поисковой системы).

Основной текст статьи должен содержать введение/ постановку задачи/ цели/ историю, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы.

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 исключать 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 Нургазина 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://semi.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: KСJBKZKX

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: HSBKCKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

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 отчетности, 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)

Редакторы: А.Т. Ақылбеков
Шығарушы редактор, дизайн: Г. Мендыбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы.
-2020 - 1(130) - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. 117-б.
Шартты б.т. - 9,375 Таралымы - 25 дана.

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