

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**

№3(128)/2019

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, 2019

Nur-Sultan, 2019

Нур-Султан, 2019

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, 349 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: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

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

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.
№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 349 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. 349,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: A.Nurbolat

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.

Circulation: 25 copies

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. 349, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

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

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК
Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 25 экземпляров

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

№3(128)/2019

МАЗМҰНЫ

<i>Аймухамбетова А.С., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.В.</i> Валецки типті космологиялық моделдің дәрежелі шешімі.	8
<i>Ахметова Г.А., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.</i> Фермиондық және тахиондық өрістері бар космологиялық моделі	16
<i>Ақылбеков А., Скуратов В., Даулетбекова А., Гиниятова Ш., Сейтбаев А.</i> DC-60 циклотронында in-situ иондық люминесценцияны зерттеуге арналған қондырғыны жасау	26
<i>Абуова А.У., Ускенбаев Е., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Абуова Г.У., Джунисбекова Д.А.</i> Техникалық мамандықтар оқытудың интерактивті әдістері	35
<i>Баубекова Г.М., Луцик А.Ч., Асылбаев Р.Н., Ақылбеков А.Т.</i> Жылдам ауыр иондармен сәулелендірілген MgO кристалдарындағы радиациялық ақау түзілуі	41
<i>Гриценко Л.В., Калкозова Ж.К., Кедрук Е.Ю., Мархабаева А.А., Абдуллин Х.А.</i> ZnO нанобөлшектерінің гидротермалды синтезі және олардың фотокаталитикалық қасиеттері	49
<i>Даулетбекова А., Ақылбекова А., Гиниятова Ш., Баймуханов З., Власукова Л., Ақылбеков А., Усеинов А., Козловский А., Карипбаев Ж.</i> SiO ₂ /Si тректі матрицаларына электрлі тұндырылған ZnO нанокристалдарының құрылымы, электрлік қасиеттері және люминесценциясы	57
<i>Мырзакулов Н.А., Мырзакулова Ш.А.</i> Модификацияланған $F(T)$ гравитациясы мен Дирак өрісіндегі космологиялық шешімдер	67
<i>Жадыранова А.А., Ануарбекова Ы.Е.</i> $n = 3$ және $N = 2$ жағдайлары үшін $V_0 = 0$ болғандағы WDVV ассоциативтілік теңдеуінің иерархиясы	79
<i>Жангозин К.Н., Каргин Д.Б.</i> Тік қалақшалы жел турбиналарының қуатын арттыру жолдары туралы	86
<i>Жубатканова Ж.А., Мырзакулов Н.А., Мейрбеков Б.К.</i> Бранс-Дикке өрісі бар гравитацияның модификацияланған теориясының дербес жағдайы үшін космологиялық шешімдер	93
<i>Калкозова Ж.К., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.</i> Белсеңді фотолюминесценциялы цериймен легирленген (Y ₃ Al ₅ O ₁₂ :Ce ³⁺) алюмоиттрийлік гранаттың жоғары дисперсиялық ұнтағын алу	102
<i>Рысқұлов А.Е., Иванов И.А., Кислицын С.Б., Углов В.В., Здоровец М.В.</i> Ni ¹²⁺ ауыр иондармен сәулелендірудің BeO керамикада ақаулардың қалыптасуына әсері	110
<i>Нуразметов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Долломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Балтабеков А.С., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Аралас сілтілі металл сульфаттарының зоналық құрылымы және оптикалық спектрі	117
<i>Ногай А.А., Стефанович С.Ю., Салиходжа Ж.М., Ногай А.С.</i> Өткізгіштігі және диэлектриялық қасиеттері Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Карипбаев Ж.Т., Мусаханов Д.А., Лисицын В.М., Голковский М.Г., Лисицына Л.А., Алпысова Г.К., Тулегенова А.Т., Ақылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Балабеков К.Н., Козловский А., Усеинов А.</i> Радиация өрісіндегі ИАГ және ИАГГ люминофорларының құрылымын зерттеу және синтездеу	138
<i>Касенов Д., Абуова А.У., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Каптагай Г.А.</i> Физика-химиялық процестерді ғылыми тану әдісі ретінде модельдеу	147
<i>Еримбетова Д.С., Степаненко В.Ф., Видергольд А.В., Жумадилов К.Ш.</i> Радон концентрациясын зерттеудің қазіргі жағдайы	153
<i>Фаиз А.С., Абуова Ф.У., Шәкен Н., Абуова А.У., Джунисбекова Д.А., Байман Г.Б.</i> BiCuSeO оксиселенид - жаңа келешегі жоғары термоэлектрлік материал ретінде	160

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

№3(128)/2019

CONTENTS

<i>Aimukhambetova A.S., Razina O.V., Tsyba P.Yu., Meyirbekov B.V.</i> Power solution of the cosmological model of the Valecki type.	8
<i>Akismetova G.A., Razina O.V., Tsyba P.Yu., Meirbekov B.</i> Cosmological model with fermion and tachyon fields	16
<i>Akilbekov A., Skuratov V., Dauletbekova A., Giniyatova Sh., Seitbayev A.</i> Creation of facility for in-situ measurement of high-energy ionoluminescence on cyclotron DC-60	26
<i>Abuova A.U., Uskenbaev E., Inerbaev T.M., Abuova F.U., Abuova G.U., Junisbekova D.A.</i> Interactive methods of teaching physics in technical speciality	35
<i>Baubekova G.M., Lushchik A.Ch., Asylbaev R.N., Akilbekov A.T.</i> Creation of radiation defects in MgO crystals irradiated with swift heavy ions	41
<i>Gritsenko L.V., Kalkozova Zh.K., Kedruk Y.U., Markhabaeva A.A., Abdullin Kh.A.</i> Hydrothermal synthesis of ZnO nanoparticles and their photocatalytic properties	49
<i>Dauletbekova A.K., Akylbekova A., Giniyatova Sh., Baimukhanov Z., Vlasukova L., Akilbekov A., Usseinov A., Kozlovskii A., Karipbayev Zh.</i> Structure, electrical properties and luminescence of ZnO nanocrystals deposited in SiO ₂ /Si track templates	57
<i>Myrzakulov N.A., Myrzakulova Sh.A.</i> Cosmological solutions of modified $F(T)$ gravity with Dirac field	67
<i>Zhadyranova A.A., Anuarbekova Y.Ye.</i> Hierarchy of WDVV associativity equations for $n = 3$ case and $N = 2$ when $V_0 = 0$	79
<i>Zhangozin K.N., Kargin D.B.</i> About ways to increase the power of wind turbines with straight blades	86
<i>Zhubatkanova Zh.A., Myrzakulov N.A., Meirbekov B.K.</i> Cosmological solutions for particular case of modified theory of gravity with a Brans-Dicke field.	93
<i>Kalkozova Zh.K., Tulegenova A.T., Abdullin Kh.A.</i> National Nanotechnology Laboratory of open type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan	102
<i>Ryskulov A.E., Ivanov I.A., Kislitsin S.B., Uglov V.V., Zdorovets M.V.</i> The effect of Ni ¹²⁺ heavy ion irradiation on radiation defect formation in BeO ceramics	110
<i>Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Dolomatov M.Y., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Z., Daurenbekov D.H., Baltabekov A.S., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N.</i> Band structure and optical spectra of mixed alkali metal sulfates	117
<i>Nogai A.A., Stefanovich S.Yu., Salikhodzha J.M., Nogai A.S.</i> Conducting and dielectric properties of Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Karipbaev Zh., Musahanov D., Lisitsyn V., Golkovskii M., Lisitsyna L., Alpyssova G., Tulegenova A., Akylbekov A., Dauletbekova A., Balabekov K., Kozlovskii A., Usseinov A.</i> Synthesis, the study of the structure of YAG and YAGG phosphors in the radiation field	138
<i>Kasenov D., Abuova A.U., Inerbaev T.M., Abuova F.U., Kaptagai G.A.</i> Modeling as a method of scientific knowledge of physical and chemical processes	147
<i>Yerimbetova D., Stepanenko V., Vidergold A., Zhumadilov K.</i> Current state of radon concentration studies	153
<i>Faiz A.S., Abuova F.U., Shaken N., Abuova A.U., Junisbekova D.A., Baiman G.B.</i> BiCuSeO oxyselenides: new promising thermoelectric materials	160

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аймухамбетова А.С., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.В.</i> Степенное решение космологической модели типа Валецки	8
<i>Ахметова Г.А., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.</i> Космологическая модель с фермионным и тахионным полями	16
<i>Акилбеков А., Скуратов В., Даулетбекова А., Гиниятова Ш., Сейтбаев А.</i> Создание установки для in-situ измерения высокоэнергетической ионолюминесценции на циклотроне DC-60	25
<i>Абуова А.У., Ускенбаев Е., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Абуова Г.У., Джунисбекова Д.А.</i> Интерактивные методы обучения физике на технических специальностях	35
<i>Баубекова Г.М., Луцкич А.Ч., Асылбаев Р.Н., Акылбеков А.Т.</i> Создание радиационных дефектов в кристаллах MgO, облученных высокоэнергетическими ионами	41
<i>Гриценко Л.В., Калкозова Ж.К., Кедрук Е.Ю., Мархабаева А.А., Абдуллин Х.А.</i> Гидротермальный синтез наночастиц ZnO и их фотокаталитические свойства	49
<i>Даулетбекова А., Акылбекова А., Гиниятова Ш., Баймуханов З., Власукова Л., Акилбеков А., Усеинов А., Козловский А., Карипбаев Ж.</i> Структура, электрические свойства и люминесценция нанокристаллов ZnO, электроосажденных в трековые матрицы SiO ₂ /	57
<i>Мырзакулов Н.А., Мырзакулова Ш.А.</i> Космологические решения в модифицированной $F(T)$ гравитации с полем Дирака	67
<i>Жадыранова А.А., Ануарбекова Ы.Е.</i> Иерархия уравнений ассоциативности WDVV для случая $n = 3$ и $N = 2$ при $V_0 = 0$	79
<i>Жангозин К.Н., Каргин Д.Б.</i> О способах увеличения мощности ветровых турбин с прямыми лопастями	86
<i>Жубатканова Ж.А., Мырзакулов Н.А., Мейрбеков Б.К.</i> Космологические решения для частного случая модифицированной теории гравитации с полем Бранс-Дикке	93
<i>Калкозова Ж.К., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.</i> Получение высокодисперсного порошка алумоиттриевого граната, легированного церием (Y ₃ Al ₅ O ₁₂ :Ce ³⁺) с интенсивной фотолюминесценцией	102
<i>Рыскулов А.Е., Иванов И.А., Кислицын С.Б., Углов В.В., Здоровец М.В.</i> Влияние облучения тяжелыми ионами Ni ¹²⁺ на радиационное дефектообразование в керамиках BeO	110
<i>Нуразматов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Доломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Балтабеков А.С., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Зонная структура и оптические спектры смешанных сульфатов щелочных металлов	117
<i>Ногай А.А., Стефанович С.Ю., Салиходжа Ж.М., Ногай А.С.</i> Проводящие и диэлектрические свойства Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Карипбаев Ж.Т., Мусаханов Д.А., Лисицын В.М., Голковский М.Г., Лисицына Л.А., Алпысова Г.К., Тулегенова А.Т., Акылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Балабеков К.Н., Козловский А., Усеинов А.</i> Синтез, исследование структуры ИАГ и ИАГГ люминофоров в поле радиации	138
<i>Касенов Д., Абуова А.У., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Каптагай Г.А.</i> Моделирование как метод научного познания физико-химических процессов	147
<i>Еримбетова Д.С., Степаненко В.Ф., Видергольд А.В., Жумадилов К.Ш.</i> Современное состояние исследований концентрации радона	153
<i>Фаиз А.С., Абуова Ф.У., Шәкен Н., Абуова А.У., Джунисбекова Д.А., Байман Г.Б.</i> BiCuSeO оксиселенид как новый перспективный термоэлектрический материал	160

А. Даулетбекова¹, А. Акылбекова¹, Ш. Гиниятова¹, З. Баймуханов¹,
Л. Власукова², А. Акилбеков¹, А. Усеинов¹, А. Козловский³, Ж. Карипбаев¹

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

² Институт прикладной физики им. Севченко, г. Минск, Белоруссия

³ Астанинский филиал Института ядерной физики, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: ¹ aiman88_88@mail.ru)

Структура, электрические свойства и люминесценция нанокристаллов ZnO, электроосажденных в трековые матрицы SiO₂/Si

Аннотация: Исследованы нанокластеры ZnO, полученные электрохимическим осаждением (ЭХО) цинка в трековом темплэйте a-SiO₂ / Si-n. Структуру SiO₂/Si облучали на циклотроне DC-60 ионами Хе 200 МэВ ($\Phi = 108$ ионов/см²) с последующим химическим травлением в водном растворе плавиковой кислоты (HF). Электрохимическое осаждение (ЭХО) Zn в трековом темплэйте проводили в потенциостатическом режиме. Поверхность образцов после осаждения исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM 7500F. Рентгеноструктурный анализ (РСА) проводили с использованием рентгеновского дифрактометра D8 ADVANCE ECO. Согласно данным РСА электроосаждение цинка в трековом темплэйте a-SiO₂/Si-n привело к образованию нанокристаллов ZnO с кристаллической структурой цинковой обманки (ZB). Исследованы вольт-амперные характеристики и фотолюминесценция образцов SiO₂/Si с нанокристаллами ZnO ZB. Структуры спектров фотолюминесценции для ZnO ZB и ZnO WS (кристаллическая структура - вюрцит) совпадают, но соотношение интенсивностей полос люминесценции различно. Сравнение интенсивностей полос показало, что кислородные вакансии являются доминирующими дефектами в полученной структуре ZnO ZB.

Ключевые слова: трековый SiO₂/Si темплэйт, темплэйтный синтез, электрохимическое осаждение, нанокристаллы, цинковая обманка.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2019-128-3-57-66>

Введение. Оксид цинка является широкозонным полупроводником с уникальными электрофизическими и оптическими свойствами. Материалы на основе оксида цинка могут быть использованы в качестве оптоэлектронных преобразователей, флуоресцентных материалов, прозрачных электродов, чувствительных элементов газовых и биологических датчиков, катализаторов, детекторов рентгеновского и гамма-излучения.

Эти применения для ZnO обычно рассматриваются для его кристаллической фазы вюрцита (WS). Это связано с тем, что в условиях окружающей среды ZnO имеет кристаллическую структуру вюрцита. Наночастицы ZnO WS различной морфологии, такие как наностержни, тетрапод [1-3], нанопроволоки [4,5], наногелики [6], а также нанокристаллы ZnO были синтезированы в трековом темплэйте a-SiO₂/Si-p [7].

Фаза ZnO со структурой цинковой обманки является метастабильной фазой. Монокристаллы ZnO (ZB) пока не получены [8,9]. Эта фаза стабилизируется при гетероэпитаксиальном росте пленок ZnO на кубически структурированных подложках [8-10]. Оксид цинка со структурой каменной соли (RS) получается при высоких давлениях и может существовать в наноструктурных формах и благодаря стабилизации в кубической матрице (MgO, NaCl) [11]. При высоких давлениях (около 10 ГПа) наблюдается трансформация $WS \rightarrow RS$, которая изучается как экспериментально, так и теоретически [12]. Свойства ZnO WS изучены очень хорошо, в отличие от двух других фаз. В обзоре [13] описаны возможные применения различных структурных модификаций кристалла ZnO в полупроводниковой технологии. Высокая симметрия кристаллической структуры позволяет ожидать некоторые преимущества, таких как более низкое рассеяние носителей, более высокая эффективность легирования и т.д., которые могут использоваться в различных устройствах, детекторах излучения. Создание трековых темплэйтов на основе SiO₂/Si и полимерных материалов,

Фаза	Структура и пространственная группа	(hkl)	$2\theta^\circ$	$d \text{ \AA}$	$L, \text{ nm}$	Параметр ячейки, \AA	FWHM М	Степень кристалличности, %	Содержание фазы, %	Объем, \AA^3 и плотность г/см^3
ZnO 1.75 В	Кубическая F-43 m	111	34.74	2.58	-	a=4.47	-	68.1	100	89.45
		200	40.24	2.23	21.4		0.439			

а также электрохимическое осаждение различных материалов в трековом темплэйте было описано в [14-18]. Целью данного исследования является изучение нанокристаллов ZnO ZB, полученных электрохимическим осаждением в трековом темплэйте a-SiO₂/Si-n. Следует отметить, что Si-подложка позволяет легко включать полученные структуры в кремниевую технологию.

Экспериментальная часть. Структура a-SiO₂/Si-n была получена термическим окислением кремниевой подложки (тип Si - n) во влажной атмосфере кислорода при 900°C. Толщина оксидного слоя по данным эллипсометрии составляла 700 нм. Образцы облучали ионами Хе 200 МэВ, $\Phi = 10^8$ ионов /см² с использованием ускорителя DC-60. После облучения образцы SiO₂/Si травили в 1% -ном водном растворе HF с добавлением палладия (m (Pd) = 0,025 г) при $18 \pm 1^\circ\text{C}$. Перед травлением поверхность образцов очищали в изопропанол в течение 15 минут в ультразвуковом очистителе 6.SB25 – 12DTS. После травления образцы промывали деионизированной водой (18,2 МОм). Морфологию протравленной поверхности и нанопор изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7500F. Электрохимическое осаждение Zn в трековый темплэйт SiO₂/Si проводили в потенциостатическом режиме при 1,75 В и pH = 3. Состав электролита был следующим: ZnSO₄ · 7H₂O 360 г/л; NH₄Cl - 30 г/л; 3H₂O · CH₃COONa - 15 г/л; аскорбиновая кислота - 120 г/л. Аскорбиновая кислота действовала как дополнительный агент для корректировки значения pH на уровне 3,0. Контроль значения pH осуществляли с целью предотвращения образования водорода во время процесса ЭХО и улучшения заполнения пор осадками на основе Zn. Время осаждения составило 10 минут. Рентгеновский дифрактометр D8 ADVANCE ECO с использованием рентгеновской трубки с Cu-анодом в диапазоне углов 2θ (30 – 110°) с шагом 0,01° был использован для рентгеноструктурного анализа (РСА). Программное обеспечение Bruker AXSDIFFRAC.EVA v.4.2 и международная база данных ICDD PDF-2 использовались для идентификации фаз и исследования кристаллической структуры.

Источник тока HP 66312A и мультиметр 34401A Agilent (США) использовались для определения электрических свойств нанокристаллов. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) были измерены для массива заполненных наноканалов. Схема установки для измерения ВАХ была следующей: образец с осажденными нанокристаллами помещался между двумя металлическими пластинами, которые перекрывали только часть образца с наноканалами. Размер этой части составлял 0,3 см². Затем пластины были подключены к источнику тока последовательным соединением мультиметра. Все ВАХ были построены с использованием полиномиальной подгонки 2-го порядка. Спектры фотолуминесценции (ФЛ) регистрировали с использованием флуоресцентного спектрофотометра Agilent Cary Eclipse (оптический диапазон (200-900) нм).

Результаты и обсуждение. Анализ СЭМ-изображений поверхности (Zn) SiO₂/Si-n показал, что степень заполнения нанопор при U = 1,75 В составляет 97,6% (рис. 1).

Результаты исследования РСА были показаны в таблице 1 и на рис.2.

Анализ данных РСА показал образование нанокристаллов ZnO ZB с параметром элементарной ячейки $a = 4.4722 \text{ \AA}$. Это хорошо согласуется с расчетным значением в диапазоне от 4,60 до 4,62 \AA и с экспериментальными данными для пленок ZnO, выращенных на подложках ZnS, в диапазоне от 4,37 до 4,47 \AA [9]. Обычно оксид

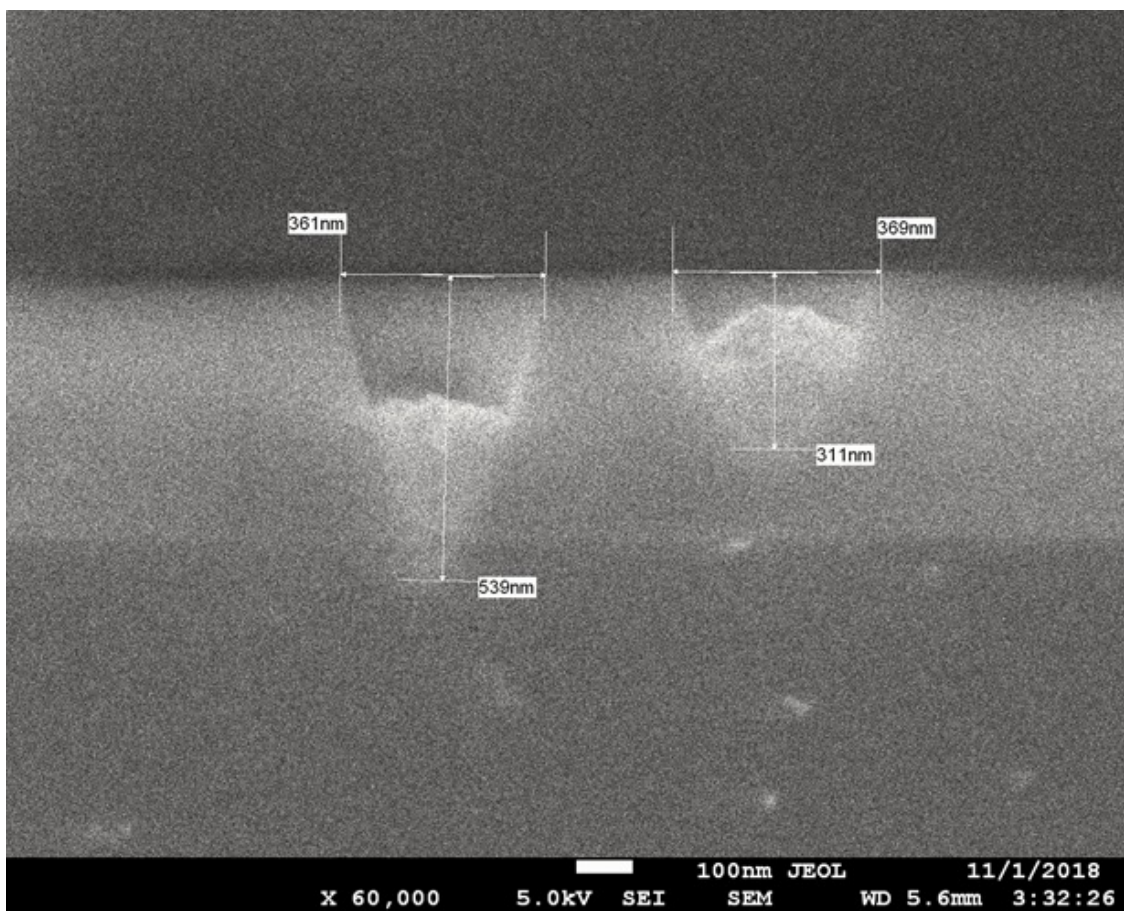


FIGURE 1 – СЭМ-изображение образца Zn/SiO₂/Si - поперечное сечение после ЭХО в течение 10мин.: U = 1,75В. Inset - поверхность образца после ЭХО.

цинка кристаллизуется в структуре WS. Теоретически установлено, что ZnO может быть устойчивым в метастабильной фазе ZB [19-26]. Экспериментально возможна стабилизация фазы ZB при эпитаксиальном росте на основе субстрата с аналогичной структурой [13]. Следовательно, рост фаз ZB при темплэйтном синтезе также связан со стабилизацией этой фазы в структуре ГЦК кремниевой подложки в трековом темплэйте.

Вольт-амперная характеристика. Оксид цинка кристаллизуется в структуре WS, представляет собой линейный полупроводник с шириной запрещенной зоны $E_g = 3,37$ эВ при 300 К (экспериментальное значение). Расчетные значения обычно занижены, чем экспериментальные. Зонная структура ZnO хорошо известна. Уровни глубоких валентных зон образованы Zn 3d-орбиталями, а верхние уровни валентности представлены в основном O 2p-орбиталями. Взаимодействие Zn 4s - O 2p * приводит к образованию нижних уровней зоны проводимости [27].

Типичная зонная структура цинкбленда и вюрцита фаз ZnO схематически представлена на рис.3. Можно видеть, что ZnO ZB также является полупроводником с прямой запрещенной зоной с запрещенной зоной $E_g = 3,37$ эВ, как ZnO WS. Следовательно, следует ожидать, что электропроводность ZnO ZB имеет n-тип. Известно, что оксид цинка является хорошим полупроводником n-типа, а материал с эффективной проводимостью p-типа еще не создан [28]. Отличная электропроводность, скорее всего, связана с введением достаточного количества водородсодержащей примеси, такой как H₂, H₂O и т. д., которая находится в химическом растворе прекурсора. Это приводит к заметным изменениям электронных свойств кристалла. Впоследствии теоретические исследования с использованием квантово-химического моделирования также подтверждают эту точку зрения [29]. Собственные дефекты не играют существенной роли в проводимости в нормальных условиях и

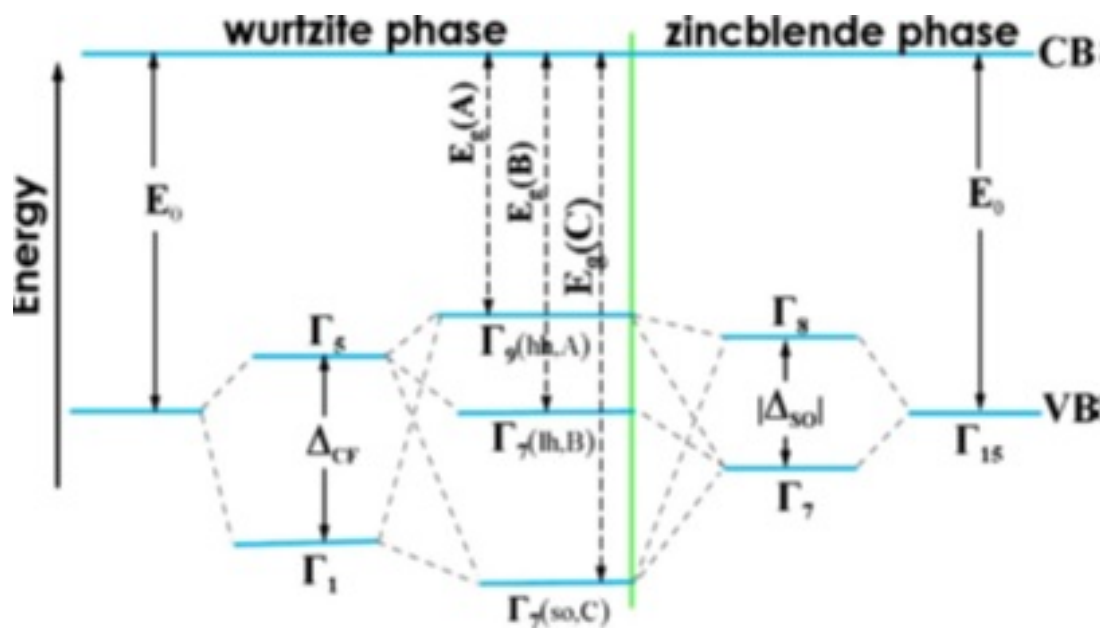


FIGURE 2 – Схематическое изображение спин-орбитального расщепления и расщепления кристаллического поля в вюрцитных материалах по сравнению с ZnO ZB. Обозначены переходы, которые допускают различные поляризации вектора фотонэлектрического поля относительно оси с [13]

начинают играть ее только при повышении температуры. Известно, что подвижность заряда электрона, который зависит от эффективной массы электрона в периодическом поле кристалла, определяет скорость современных интегральных микросхем. Численное значение подвижности определяется соотношением:

$$\mu = q\tau/m^* \quad (1)$$

где q - заряд электрона, τ - среднее время пробега между двумя столкновениями (диссипация в донорных центрах), m^* - эффективная масса электрона. Известно, что эффективная масса электрона в оксиде цинка составляет $0,19 m_e$ [30]. Среднее время жизни может быть рассчитано из уравнения $\tau = \lambda/v$, где $\lambda = 1 / (N_d \pi R^2)$, а v определяется из следующего соотношения:

$$mv^2/2 = 3/2kT \quad (2)$$

Принимая во внимание концентрацию доноров N_d в оксиде цинка 10^{17-3} и радиус R центра сферического рассеяния 50 нм, подвижность заряда при $T = 300$ К будет составлять:

$$\mu = \frac{q\sqrt{m^*/3kT}}{m^*N_d\pi R^2} \approx 43 \frac{cm^2}{Vs} \quad (3)$$

Можно видеть, что численное значение подвижности электронов в оксиде цинка на порядок выше, чем это значение в других полупроводниковых кристаллах, таких как германий ($0,39 \text{ }^2/(Vs)$) и кремний ($0,14 \text{ }^2/(Vs)$). Это говорит о хороших электронных свойствах и потенциальном применении наноструктур оксида цинка в микроэлектронике. На рисунке 4 показаны ВАХ образцов до и после осаждения. Видно, что до осаждения Zn проводимости нет как в прямом, так и в обратном направлении. Тем не менее, наблюдается увеличение тока с напряжением между электродами до значения $0,02$ мкА. Этот ток обусловлен р-носителями. Для образцов с нанесенными нанокристаллами ZnO ZB вольт-амперные характеристики имеют диодную природу. Постоянный ток обусловлен электронами, поскольку в Si-основе имеются каналы n-типа, в которых образуется ZnO ZB проводимости n-типа. Согласно структуре ВАХ (рис. 4), дифференциальное сопротивление при прямом напряжении составляет $R = \Delta U / \Delta I \approx 1В/300 \text{ мА} = 3,3 \text{ Ом}$. Такая структура

потенциально может использоваться в устройствах, где обратный ток недопустим или должен быть незначительным.

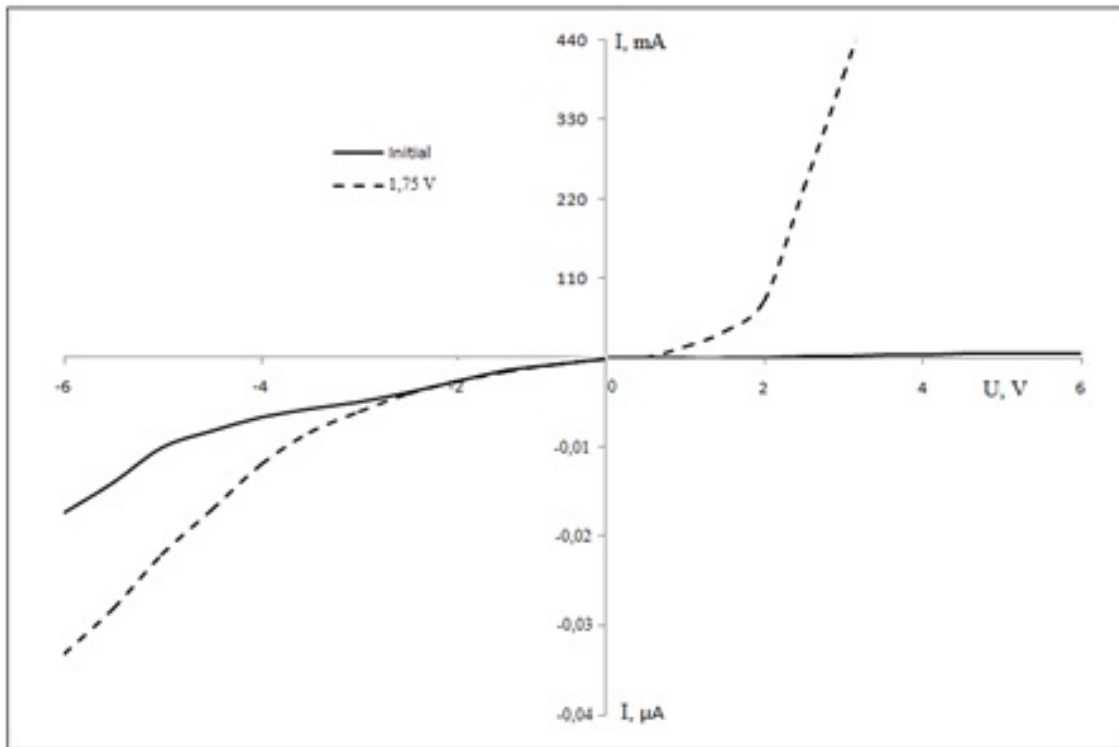


FIGURE 3 – Вольт-амперная характеристика ZnO-ZB - сплошная кривая - начальная, пунктирная - с осажденным ZnO ZB

Люминесценция. Для изучения оптических свойств оксида цинка широко используется фотолюминесценция (ФЛ). Дифференциальный спектр люминесценции образца ZnO ZB/*SiO*₂/*Si* показан на рисунке 5а.

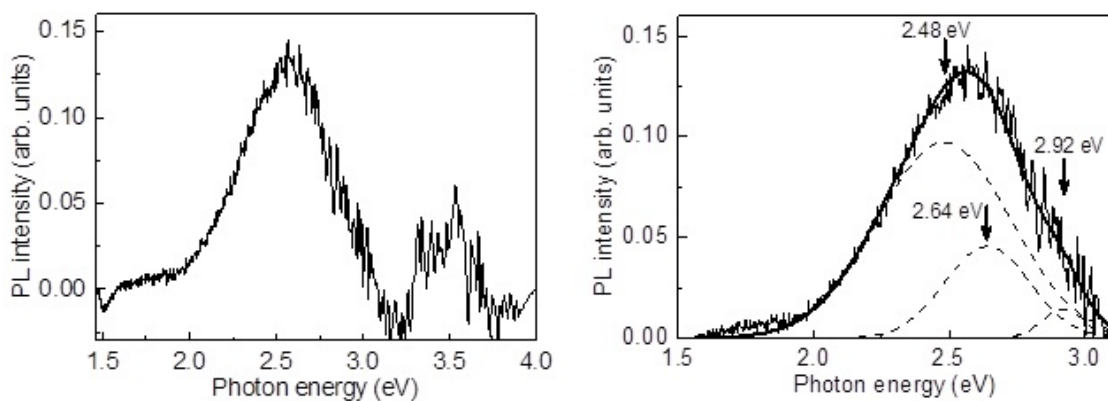


FIGURE 4 – Спектры люминесценции образца Zn/*SiO*₂/*Si* после ЭХО в течение 10 минут, U = 1,75 В

ФЛ была возбуждена светом с $\lambda = 300$ нм. Спектр ФЛ содержит различные спектральные полосы в видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Люминесценция в диапазоне 300-400 нм настолько слабая, что свечение матрицы в некоторых местах превышает ее. Давайте сравним наши спектры ФЛ со спектрами для ZnO WS, поскольку зонные структуры ZnO ZB и ZnO WS довольно близки (рис. 3). Известно, что зеленое свечение с максимумом при 500 нм в ZnO WS обусловлено наличием единичных кислородных вакансий (VO) [31]. Было показано [11],

что одиночные кислородные вакансии (область высокоэнергетической зоны), а также пары донор-акцептор (область низкоэнергетической зоны, донор - VO) участвуют в образовании зеленой (500 нм) ФЛ ZnO WS и электрон перепрыгивает с уровня энергии одиночного VO в валентную зону. То есть полоса с максимумом 500 нм (рис. 5а, б) обусловлена вакансией кислорода в решетке ZnO ZB. Полоса с максимумом 422 нм, синяя ФЛ, обусловлена вакансиями цинка (VZn) [31]. Полоса ФЛ с максимумом 422 нм связана с вакансиями цинка (VZn) в решетке ZnO WS, а также в спектре ФЛ ZnO ZB (рис. 5б). Точно так же мы предполагаем, что это связано с VZn. Следует отметить, что полоса с максимумом при 422 нм появляется при переходе электрона из зоны проводимости на глубокий уровень вакансии Zn. Сравнение интенсивностей полос люминесценции позволяет сравнивать концентрации VZn и VO. Сравнение показывает, что кислородные вакансии являются доминирующими дефектами в полученной структуре ZnO ZB. Следует отметить, что для фазы вюрцита ZnO WS, полученной в трековой матрице α -SiO₂/Si-p, наблюдалось обратное соотношение интенсивностей полос ФЛ, и вакансии цинка являются доминирующими дефектами. ФЛ с максимумом при 352 нм в ZnO WS объясняется экситонной люминесценцией (3.32-3.27) эВ [32]. Аналогичная люминесценция наблюдается у ZnO ZB, но менее интенсивная. Таким образом, структуры спектров ФЛ для ZnO ZB и ZnO WS совпадают, но отношение интенсивностей полос различно.

Заключение. Нанокристаллы ZnO с кристаллической структурой цинковой обманки (ZB) были получены электрохимическим осаждением в трековую матрицу α -SiO₂/Si-n. На первых этапах осаждения нанокристаллы ZnO формировались на границе раздела SiO₂/Si, а образование фазы ZB можно объяснить кубической структурой подложки Si. Исследование вольт-амперных характеристик показало, что сформировался полупроводник n-типа. Исследование фотолюминесценции показало, что положения максимумов в спектрах ФЛ для ZnO со структурой цинковой обманки совпадают с положениями максимумов в спектре ФЛ для ZnO со структурой вюрцита, но отношение интенсивностей полос различно. Сравнение интенсивностей полос показало, что кислородные вакансии являются доминирующими дефектами в полученной структуре ZnO ZB.

Список литературы

- 1 Zi-Qiang X., Hong D., Yan, L., Hang C. Al-doping effects on structure, electrical and optical properties of c-axis-orientated ZnO: Al thin films // *Mater. Sci. Semicon. Proc.* -2006. №9. -P.132-137. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2006.01.082>.
- 2 Jun W., Yintang Y. Deposition of K-doped p type ZnO thin films on (0001) Al₂O₃ substrates // *J. Mat. Lett.* -2008. №62. -P.1899-1901. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.10.035>.
- 3 Norton D.P., Ivill M., Li, Y., Kwon, Y.W., Erie, J.M., Kim, H.S., Ip, K., Pearton, S.J., Heo, Y.W., Kim, S., Kang, B.S., Ren, F., Hebard, A.F., Kelly, J. Charge carrier and spin doping in ZnO thin films // *Thin Solid Films.* -2006. №496 (1). -P.160-168. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2005.08.246>.
- 4 Prabhu Y.T., Rao K.V., Kumar V.S.S., Kumari B.S. X-ray analysis by williamson-hall and size-strain plot methods of ZnO nanoparticles with fuel variation // *World. J. Nano Sci. Eng.* -2014. №4 (1). -P.21-28. -URL: <https://doi.org/10.4236/wjnse.2014.41004>.
- 5 Maensiri S., Laokul P., Promarak V. Synthesis and optical properties of nanocrystalline ZnO powders by a simple method using zinc acetate dihydrate and poly (vinyl pyrrolidone) // *J. Cryst. Growth.* -2006. №289 (1). -P.102-106. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2005.10.145>.
- 6 Castro R.H.R. Gouvea D. Sintering and Nanostability: The Thermodynamic Perspective // *J. Am. Ceram. Soc.* -2016. №99 (4). -P.1105-1121. -URL: <https://doi.org/10.1111/jace.14176>.
- 7 Daultbekova A., Kozlovskiy A., Akilbekov A., Seitbayev A. Alzhanova A. Synthesis of ZnO nanocrystals in α -SiO₂/Si ion track templates // *Surf. Coat. Technol.* -2018. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.04.008>.
- 8 Ellmer K. Transparent conductive zinc oxide and its derivatives, in: Gimley, D.S., Hosono, H., Paine, D.C. (Eds.), *Handbook of transparent conductors.* -New York: Springer, 2010. -P. 193-263.
- 9 Ozgur U., Alivov Ya. I., Liu C., Teke A., Reshchikov M. A., Dogan S., Avrutin V., Cho S.-J., MorkocH. A comprehensive review of ZnO materials and devices // *J. Appl. Phys.* -2005. №98. -URL: <https://doi.org/10.1063/1.1992666>.
- 10 Ashrafi A., Jagadish C. Review of zincblende ZnO: Stability of metastable ZnO phases // *J. Appl. Phys.* -2007. №102. -URL: <https://doi.org/10.1063/1.2787957>.

- 11 Solozhenko V.L., Kurakevych O.O., Sokolov P.S., Baranov A.N. Kinetics of the wurtzite-to-rock-salt phase transformation in ZnO at high pressure // *J. Phys. Chem. A*. -2011. №115 (17). -P.4354-4358. -URL:<https://doi.org/10.1021/jp201544f>.
- 12 Koster R.S., Fang C.M., Dijkstra M., Van Blaaderen A., Van Huis M.A. Stabilization of rock salt ZnO nanocrystals by low-energy surfaces and Mg additions: a first-principles study // *J. Phys. Chem.* -2015. №119 (10). -P.5648-5656. -URL: <https://doi.org/10.1021/jp511503b>.
- 13 Ashrafia A., Jagadish C. Review of zincblende ZnO: Stability of metastable ZnO phases // *J. Appl. Phys.* -2007. №102. -URL: <https://doi.org/10.1063/1.2787957>.
- 14 Norton D.P., Heo Y.W., Ivill M.P., Ip K., Pearton S.J., Chisholm M.F., Steiner T. ZnO: growth, doping and processing // *Mater. today*. -2004. №7 (6). -P.34-40. -URL: [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(04\)00287-1](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(04)00287-1).
- 15 Ivanova Yu. A., Ivanou D. K., Fedotov A. K., et al. Electrochemical deposition of Ni and Cu onto monocrystalline n-Si(100) wafers and into nanopores in Si/SiO₂ template // *J. Mater. Sci.* -2007. №42 (22). -P.9163-9169. -URL: <https://doi.org/10.1007/s10853-007-1926-x>.
- 16 ToimilMolares M. E., Buschmann V., Dobrev D., Neumann R., Scholz R., Schuchert I.U., Vetter J. Single Crystalline Copper Nanowires Produced by Electrochemical Deposition in Polymeric Ion Track Membranes // *Adv. Mater.* -2001. №13(1). -P.62-65. -URL: [https://doi.org/10.1002/1521-4095\(200101\)13:1<62::AID-ADMA62>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1521-4095(200101)13:1<62::AID-ADMA62>3.0.CO;2-7).
- 17 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. №4(12). -URL: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aa9e64>.
- 18 Rusakov V.S., Kadyrzhanov K.K., Kozlovskiy A.L., Kiseleva T.Y., Fadeev M.S., Luk'yanova E.N. Studying the properties of Fe and Fe-Co nanotubes in polymer ion-track membranes // *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* -2017. №81(7). -P.831-835. -URL: <https://doi.org/10.3103/S1062873817070243>.
- 19 Zhang L., Huang H. Structural transformation of ZnO nanostructures // *Appl. Phys. Lett.* -2007. №90. -URL: <https://doi.org/10.1063/1.2431073>.
- 20 Jaffe J. E., Hess A.C. Hartree-Fock study of phase changes in ZnO at high pressure // *Phys. Rev.* -1993. -P.7903-7909. -URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.48.7903>.
- 21 Jaffe J.E., Snyder J.A., Lin Z., Hess A.C. LDA and GGA calculations for high-pressure phase transitions in ZnO and MgO // *Phys. Rev.* -2000. -P.1660-1665. -URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.62.1660>.
- 22 Uddin J., Scuseria G. E. Theoretical study of ZnO phases using a screened hybrid density functional // *Phys. Rev.* -2006. -URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.74.245115>.
- 23 Qteish A. Self-interaction-corrected local density approximation pseudopotential calculations of the structural phase transformations of ZnO and ZnS under high pressure // *J. Phys.: Condens. Matter*. -2000. №12. -P.5639-5654. -URL: <https://doi.org/10.1088/0953-8984/12/26/311>.
- 24 Baaziz H., Charifi Z., Haj Hassan F. El., Hashemifar S.J., Akbarzadeh H. FP-LAPW investigations of Zn_{1-x}BexS, Zn_{1-x}BexSe and Zn_{1-x}BexTe ternary alloys // *Phys. Stat. Sol.* -2006. №243 (6). -P.1296-1305. -URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200541481>.
- 25 Bragg W.H., Darbyshire J.A. // *J. Met.* -1954. №6. -P.238.
- 26 Sun X. W., Liu Z.J., Chen Q.F., Lu H.W., Seong T., Wang C. W. Heat capacity of ZnO with cubic structure at high temperatures // *Solid State Commun.* -2006. №140. -P.219-224. -URL: <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2006.08.024>.
- 27 J.L.G. Fierro. *Metal Oxides: Chemistry and Applications*. - CRC Taylor and Francis, 2006.
- 28 Ozgur U., Alivov Ya.I., Liu C., Teke A., Reshchikov M.A., Dogan S., Avrutin V., Cho S.J., Morkoc H. A comprehensive review of ZnO materials and devices // *J. Appl. Phys.* -2005. №98 (4). -URL: <https://doi.org/10.1063/1.1992666>.
- 29 Usseinov A.B., Kotomin E.A., Akiilbekov A., Zhukovskii Yu., Purans J. Hydrogen adsorption on the ZnO(1100) surface: ab initio hybrid density functional linear combination of atomic orbitals calculations // *Phys. Scr.* -2014. №89. -URL: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/89/04/045801>.
- 30 Harrison W.A. *Electronic Structure and the Properties of Solids*. - The Physics of the Chemical Bond, Fairford, GLOS, United Kingdom, 1989.
- 31 Studenikin S.A., Golego N., Cocivera M. Fabrication of green and orange photoluminescent, undoped ZnO films using spray pyrolysis // *J. Appl. Phys.* - 1998. №84. -URL: <https://doi.org/10.1063/1.368295>
- 32 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. Crystal Growth*. -2000. -P.214-215. -URL: [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(00\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(00)00091-9).

А. Даулетбекова¹, А. Акылбекова¹, Ш. Гиниятова¹, З. Баймуханов¹, Л. Власукова²,
А. Акилбеков¹, А. Усеинов¹, А. Козловский³, Ж. Карипбаев¹

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

² Қолданбалы физика институты, Минск, Беларусь Республикасы

³ Ядролық физика институтының Нұр-Сұлтандық филиалы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

SiO₂/Si тректі матрицаларына электрлі тұндырылған ZnO нанокристалдарының құрылымы, электрлік қасиеттері және люминесценциясы

Аңдатпа. Мақалада a-SiO₂/Si-н тректі темплэйттерде мырышты электрохимиялық тұндыру (ЭХТ) арқылы алынған ZnO нанокластерлерін зерттеу нәтижелері келтірілген. SiO₂/Si құрылымы Xe 200 МэВ иондарымен ($\Phi = 10^8$ ион/cm²) DC-60 циклотронның сәулелендіріліп, содан кейін гидрофторлық қышқылдың (HF) судағы ертіндісінде химиялық күйдірілді. Мырышты трек үлгісіне электрохимиялық тұндыру (ЭХТ) потенциостатикалық режимде жүргізілді. Тұндырылған үлгілердің беті JSM 7500F сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді. Рентгендік құрылымдық талдау (XRD) D8 ADVANCE ECO рентгендік дифрактометрмен жүргізілді. Рентгендік құрылымдық талдауына сәйкес, a-Si₂O/Si-н тректі темплэйттерде мырышты электротұндыру кристалдық құрылымы мырышты қоспа ZB болатын ZnO нанокристалдарының түзілуіне әкелді. ZnO ZB нанокристалдары бар SiO₂/Si үлгілерінің вольт-амперлік сипаттамалары және фотолюминесценциясы зерттелді. ZnO ZB және ZnO WS (кристалды құрылым - вюрцит) фотолюминесценция спектрлерінің құрылымы сәйкес келеді, алайда люминесценция жолақтарының қарқындылығы әртүрлі. Жолақтардың қарқындылығын салыстыру өтгерінің бос орындары алынған ZnO ZB құрылымындағы басым ақаулар болып табылатынын көрсетті.

Түйін сөздер: SiO₂/Si тректі темплэйт, темплэйтті синтез, электрохимиялық тұндыру, нанокристалдар, мырышты қоспа.

А.К. Dauletbekova¹, А. Akyzbekova¹, Sh. Giniyatova¹, Z. Baimukhanov¹, L.Vlasukova², А. Akilbekov¹, А. Usseinov¹, А. Kozlovskii³, Zh. Karipbayev¹

¹ L.N. Gumilyov Eurasian national university, Nur-Sultan, Kazakhstan

² A.N. Sevchenko Institute of Applied Physics Problem, Minsk, Belarus

³ Nur-Sultan Branch of Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan

Structure, electrical properties and luminescence of ZnO nanocrystals deposited in SiO₂/Si track templates

Abstract. ZnO nanoclusters obtained by electrochemical deposition (ECD) of zinc in track template a-SiO₂/Si-n have been studied. The structure SiO₂/Si was irradiated on a DC-60 cyclotron with Xe 200 MeV ions ($\Phi = 10^8$ ions/cm²), followed by chemical etching in an aqueous solution of hydrofluoric acid (HF). Electrochemical deposition (ECD) Zn in track template was performed in a potentiostatic mode. The surface of the samples after deposition was examined using a JSM 7500F scanning electron microscope. X-ray diffraction analysis (XRD) was performed using a D8 ADVANCE ECO X-ray diffractometer. According to X-ray diffraction data, zinc electroplating in a-SiO₂/Si-n track templating led to the formation of ZnO nanocrystals with a zinc blende crystal structure (ZB). The current-voltage characteristics and photoluminescence of SiO₂/Si samples with ZnO ZB nanocrystals were studied. The structures of the photoluminescence spectra for ZnO ZB and ZnO WS (crystal structure - wurtzite) are the same, but the ratio of the intensities of the luminescence bands is different. A comparison of the band intensities showed that oxygen vacancies are the dominant defects in the obtained ZnO ZB structure.

Keywords: SiO₂/Si track template, template synthesis, electrochemical deposition, nanocrystals, zinc blende.

References

- 1 Zi-Qiang X., Hong D., Yan, L., Hang C. Al-doping effects on structure, electrical and optical properties of c-axis-orientated ZnO: Al thin films [Mater. Sci. Semicon. Proc.], (9) 132-137 (2006). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2006.01.082>.
- 2 Jun W., Yintang Y. Deposition of K-doped p type ZnO thin films on (0001) Al₂O₃ substrates [J. Mat. Lett.], (62), 1899-1901 (2008). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.10.035>.
- 3 Norton D.P., Ivill M., Li, Y., Kwon, Y.W., Erie, J.M., Kim, H.S., Ip, K., Pearton, S.J., Heo, Y.W., Kim, S., Kang, B.S., Ren, F., Hebard, A.F., Kelly, J. Charge carrier and spin doping in ZnO thin films [Thin Solid Films], 496 (1) 160-168 (2006). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2005.08.246>.
- 4 Prabhu Y.T., Rao K.V., Kumar V.S.S., Kumari B.S. X-ray analysis by williamson-hall and size-strain plot methods of ZnO nanoparticles with fuel variation [World. J. Nano Sci. Eng.], 4 (1) 21-28 (2014). Available at: <https://doi.org/10.4236/wjnse.2014.41004>.
- 5 Maensiri S., Laokul P., Promarak V. Synthesis and optical properties of nanocrystalline ZnO powders by a simple method using zinc acetate dihydrate and poly (vinyl pyrrolidone) [J. Cryst. Growth.], 289 (1) 102-106 (2006). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2005.10.145>.
- 6 Castro R.H.R. Gouvea D. Sintering and Nanostability: The Thermodynamic Perspective [J. Am. Ceram. Soc.], 99 (4) 1105-1121 (2016). Available at: <https://doi.org/10.1111/jace.14176>.
- 7 Dauletbekova A., Kozlovskiy A., Akilbekov A., Seitbayev A., Alzhanova A. Synthesis of ZnO nanocrystals in a-SiO₂/Si ion track templates [Surf. Coat. Technol.], (2018). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.04.008>.

- 8 Ellmer K. Transparent conductive zinc oxide and its derivatives, in: Gimley, D.S., Hosono, H., Paine, D.C. (Eds.), Handbook of transparent conductors (New York: Springer, 2010).
- 9 Ozgur U., Alivov Ya. I., Liu C., Teke A., Reshchikov M. A., Dogan S., Avrutin V., Cho S.-J., MorkocH. A comprehensive review of ZnO materials and devices [J. Appl. Phys.], (98) (2005). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.1992666>.
- 10 Ashrafi A., Jagadish C. Review of zincblende ZnO: Stability of metastable ZnO phases [J. Appl. Phys.], (102) (2007). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.2787957>.
- 11 Solozhenko V.L., Kurakevych O.O., Sokolov P.S., Baranov A.N. Kinetics of the wurtzite-to-rock-salt phase transformation in ZnO at high pressure [J. Phys. Chem. A.], 115 (17) 4354-4358 (2011). Available at: <https://doi.org/10.1021/jp201544f>.
- 12 Koster R.S., Fang C.M., Dijkstra M., Van Blaaderen A., Van Huis M.A. Stabilization of rock salt ZnO nanocrystals by low-energy surfaces and Mg additions: a first-principles study [J. Phys. Chem.], 119 (10) 5648-5656 (2015). Available at: <https://doi.org/10.1021/jp511503b>.
- 13 Ashrafi A., Jagadish C. Review of zincblende ZnO: Stability of metastable ZnO phases [J. Appl. Phys.], (102) (2007). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.2787957>.
- 14 Norton D.P., Heo Y.W., Ivill M.P., Ip K., Pearton S.J., Chisholm M.F., Steiner T. ZnO: growth, doping and processing [Mater. today.], 7 (6) 33-40 (2004). Available at: [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(04\)00287-1](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(04)00287-1).
- 15 Ivanova Yu. A., Ivanou D. K., Fedotov A. K., et al. 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). Available at: <https://doi.org/10.1007/s10853-007-1926-x>.
- 16 ToimilMolares M. E., Buschmann V., Dobrev D., Neumann R., Scholz R., Schuchert I.U., Vetter J. Single Crystalline Copper Nanowires Produced by Electrochemical Deposition in Polymeric Ion Track Membranes [Adv. Mater.], 13 (1) 62-65 (2001). Available at: [https://doi.org/10.1002/1521-4095\(200101\)13:1<62::AID-ADMA62>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1521-4095(200101)13:1<62::AID-ADMA62>3.0.CO;2-7).
- 17 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) (2017). Available at: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aa9e64>.
- 18 Rusakov V.S., Kadyrzhanov K.K., Kozlovskiy A.L., Kiseleva T.Y., Fadeev M.S., Luk'yanova E.N. Luk'yanova E.N., Zdorovets M.V. Studying the properties of Fe and Fe-Co nanotubes in polymer ion-track membranes [Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.], 81 (7) 831-835 (2017). Available at: <https://doi.org/10.3103/S1062873817070243>.
- 19 Zhang L., Huang H. Structural transformation of ZnO nanostructures [Appl. Phys. Lett.], (90) (2007). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.2431073>.
- 20 Jaffe J. E., Hess A.C. Hartree-Fock study of phase changes in ZnO at high pressure [Phys. Rev.], 7903-7909 (1993). Available at: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.48.7903>.
- 21 Jaffe J.E., Snyder J.A., Lin Z., Hess A.C. LDA and GGA calculations for high-pressure phase transitions in ZnO and MgO [Phys. Rev.], 1660-1665 (2000). Available at: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.62.1660>.
- 22 Uddin J., Scuseria G. E. Theoretical study of ZnO phases using a screened hybrid density functional [Phys. Rev.], (2006). Available at: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.74.245115>.
- 23 Qteish A. Self-interaction-corrected local density approximation pseudopotential calculations of the structural phase transformations of ZnO and ZnS under high pressure [J. Phys.: Condens. Matter.], (12) 5639-5654 (2000). Available at: <https://doi.org/10.1088/0953-8984/12/26/311>.
- 24 Baaziz H., Charifi Z., Haj Hassan F. El., Hashemifar S.J., Akbarzadeh H. FP-LAPW investigations of Zn_{1-x}BexS, Zn_{1-x}BexSe and Zn_{1-x}BexTe ternary alloys [Phys. Stat. Sol.], 243 (6) 1296-1305 (2006). Available at: <https://doi.org/10.1002/pssb.200541481>.
- 25 Bragg W.H., Darbyshire J.A. [J. Met.], (6) 238 (1954).
- 26 Sun X. W., Liu Z.J., Chen Q.F., Lu H.W., Seong T., Wang C. W. Heat capacity of ZnO with cubic structure at high temperatures [Solid State Commun.], (140) 219-224 (2006). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2006.08.024>.
- 27 J.L.G. Fierro. Metal Oxides: Chemistry and Applications (CRC Taylor and Francis, 2006). [in English].
- 28 Ozgur U., Alivov Ya.I., Liu C., Teke A., Reshchikov M.A., Dogan S., Avrutin V., Cho S.J., Morkoc H. A comprehensive review of ZnO materials and devices [J. Appl. Phys.], 98 (4) (2005). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.1992666>.
- 29 Usseinov A.B., Kotomin E.A., Akilbekov A., Zhukovskii Yu., Purans J. Hydrogen adsorption on the ZnO(1100) surface: ab initio hybrid density functional linear combination of atomic orbitals calculations [Phys. Scr.], (89) (2014). Available at: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/89/04/045801>.
- 30 Harrison W.A. Electronic Structure and the Properties of Solids (The Physics of the Chemical Bond, Fairford, GLOS, United Kingdom, 1989).
- 31 Studenikin S.A., Golego N., Cocivera M. Fabrication of green and orange photoluminescent, undoped ZnO films using spray pyrolysis [J. Appl. Phys.], (84) (1998). Available at: <https://doi.org/10.1063/1.368295>. [in English].
- 32 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. Crystal Growth.], 214-215 (2000). Available at: [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(00\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(00)00091-9). [in English].

Сведения об авторах:

Даулетбекова А. - профессор кафедры "Техническая физика", кандидат физико-математических наук, физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

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

Гиниятова Ш. - кандидат физико-математических наук, доцент, физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Баймуханов Э. - доцент кафедры "Техническая физика", кандидат физико-математических наук, физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Власукова Л. - кандидат физико-математических наук, заведующая НИЛ материалов и приборных структур микро и наноэлектроники кафедры физической электроники и нанотехнологий, ул. Курчатова, 5, Минск, Республика Беларусь.

Акилбеков А. - доктор физико-математических наук, профессор, декан физико-технического факультета, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Усеинов А. - доктор PhD, доцент кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 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.

Каримбаев Ж. - доцент кафедры "Техническая физика", доктор PhD, физико-технический факультет, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

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

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

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

Vlasukova L. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of Materials and Instrument Structures of Micro- and Nanoelectronics of the Department of Physical Electronics and Nanotechnologies, Belarusian State University, Kurchatov str., 5, Minsk, the Republic of Belarus.

Akilbekov A. - Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Dean of the Department of Physics and Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymuhan str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

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

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

Каримбаев Ж. - PhD, assistant professor of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymuhan str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 14.04.2019

«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 келісін, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісін 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).

ҒТАМПК <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 формулаларсүзсыз, 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 мәтнінде 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 нөмірленеді.

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 тұйым 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., Михайловиченко 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://semj.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. Соңынан 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) үш 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 2018 жылы 4500 тенге – ЕҰҰ 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: 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: 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 republication 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., 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 three 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: HSBKCKZKX

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).

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 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 Жубаньшева 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://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 трех 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:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: KСJBKZKX

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: HSBKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 27.25.19

А.Ж. Жубанышева¹, Н. Темиргалиев², А.Б. Утесов³

¹ Институт теоретической математики и научных вычислений Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

² Актыобинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан

(Email: ¹ axaulezh@mail.ru, ² ntmath10@mail.ru, ³ adilzhan_71@mail.ru)

Численное дифференцирование функций в контексте Компьютерного (вычислительного) перечника

Введение

Текст введения...

Авторам не следует использовать нестандартные пакеты LaTeX (используйте их лишь в случае крайней необходимости)

Заголовок секции

1.1 Заголовок подсекции

Окружения.

Теорема 1. ...

Лемма 1. ...

Предложение 1. ...

Определение 1. ...

Следствие 1. ...

Замечание 1. ...

Теорема 2 (Темиргалиев Н. [2]). *Текст теоремы.*

Д о к а з а т е л ь с т в о. Текст доказательства.

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

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

$|\gamma_N^{(\tau)}| \leq 1 (\tau=1, \dots, N)$

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

3. Ссылки и библиография

Для ссылок на утверждения, формулы и т. п. можно использовать метки. Например, теорема 2, Формула (1)

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

Список литературы оформляется следующим образом.



FIGURE 1 – Название рисунка

Список литературы

- 1 Локуциевский О.М., Гавриков М.Б. Начала численного анализа. –М.: ТОО "Янус", 1995. –581 с. - **книга**
- 2 Темирғалиев Н. Компьютерный (вычислительный) поперечник как синтез известного и нового в численном анализе // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева –2014. –Т.4. №101. –С. 16-33. doi: ... (при наличии) - **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, 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 гиполипидемическая активность леукомизина. –Алматы: Бастау, 2007. –С. 3-5 - **газетные статьи**
- 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**

А.Ж. Жубанышева¹, Н. Темірғалиев¹, А.Б. Утесов²

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің теориялық математика және ғылыми есептеулер институты, Астана, Қазақстан

² Қ.Жұбанов атындағы. Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнінде функцияларды сандық дифференциалдау

Аннотация: Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнінде Соболев класында жататын функцияларды олардың тригонометриялық Фурье-Лебега коэффициенттерінің ақырлы жиынынан алынған дәл емес ақпарат бойынша жуықтау есебі толығымен шешілді [100-200 сөздер].

Түйін сөздер: жуықтап дифференциалдау, дәл емес ақпарат бойынша жуықтау, шектік қателік, Компьютерлік (есептеуіш) диаметр [6-8 сөз/сөз тіркестері].

A.Zh.Zhubanysheva¹, N. Temirgaliyev¹, A.B. Utesov²

¹ Institute of theoretical mathematics and scientific computations of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

² K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

Numerical differentiation of functions in the context of Computational (numerical) diameter

Abstract: The computational (numerical) diameter is used to completely solve the problem of approximate differentiation of a function given inexact information in the form of an arbitrary finite set of trigonometric Fourier coefficients. [100-200 words]

Keywords: approximate differentiation, recovery from inexact information, limiting error, computational (numerical) diameter, massive limiting error. [6-8 words/word combinations]

References

- 1 Lokucievskij O.M., Gavrikov M.B. Nachala chislenogo analiza [Elements of numerical analysis] (Yanus, Moscow, 1995). [in Russian]
- 2 Temirgaliyev N. Komp'juternyj (vychislitel'nyj) poperechnik kak sintez izvestnogo i novogo v chislenom analize [Computational (numerical) diameter as a synthesis of the known and the new in numerical analysis], Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva [Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University], 4 (101), 16-33 (2014). [in Russian]
- 3 Zhubanysheva A.Zh., AbikenovaSh.K. O normah proizvodnyh funkcij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh funkcionalov 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 teorija priblizhenija funkcij" [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. Angioprotekturnaja i gipolipidemicheskaja aktivnost' leukomizina [Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin] (Bastau, Almaty, 2007, P. 3-5). [in Russian]
- 5 Kyrov V.A., Mihajlichenko G.G. Analiticheskij metod vložhenija simplekticheskoj geometrii [The analytic method of embedding symplectic geometry], Sibirskie jelektronnye matematicheskie izvestija [Siberian Electronic Mathematical Reports], **14**, 657-672 (2017). doi: 10.17377/semi.2017.14.057. Available at: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. [in Russian]. (accessed 08.01.2017).

Сведения об авторах:

Жубанышева А.Ж. - старший научный сотрудник Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Теміргалиев Н. - директор Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Утесов А.Б. - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, пр. А.Молдагуловой, 34, Актөбе, Казахстан.

Zhubanysheva A.Zh. - Senoir researcher of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Temirgaliyev N. - Head of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Utesov A.B. - candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, A.Moldagulova Prospect, 34, Aktobe, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 15.05.2017

Редакторы: А.Т. Ақылбеков
Шығарушы редактор, дизайн: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы.
-2019 - 3(128) - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. 175-б.
Шартты б.т. - 9,375 Таралымы - 25 дана.

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