

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

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

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

Редакция алқасы

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

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

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: Г. Мендыбаева

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

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК
Мерзімділігі: жылына 4 рет. Басуға 05.06.2020 ж. қол қойылды. Жазылу индексі: 76093
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.
№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

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

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

Editor-in-Chief

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

Deputy Editor-in-Chief

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

Editorial Board

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

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

Responsible secretary, computer layout: G. Mendybayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

PHYSICS. ASTRONOMY Series

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

Periodicity: 4 times a year. Signed in print 05.06.2020. Subscription index: 76093

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

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

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

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

Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

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

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

Зам. главного редактора

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

Редакционная коллегия

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

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

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: Г. Мендыбаева

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

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

Периодичность: 4 раза в год. Подписано в печать 05.06.2020 г. Подписной индекс: 76093

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

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

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

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

№2(131)/2020

МАЗМҰНЫ

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

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

№2(131)/2020

CONTENTS

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

ФИЗИКА



*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы, 2020, том 131, №2, 8-16 беттер
<http://bulphysast.enu.kz>, E-mail: vest_phys@enu.kz*

МРНТИ: 45.53.43

Д.М. Калманова, Д.С. Сарбаева

*Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: dinara_kalmanova@mail.ru, diana_9696@bk.ru)*

Влияние электрических воздействий на характеристики устройства органических солнечных элементов с наноструктурированным электродом

Аннотация: интеграция свойств захвата света и использование плазмонных эффектов металлических наноструктур являются многообещающими подходами для повышения эффективности преобразования энергии органических солнечных элементов. Влияние этих подходов на улучшение поглощения света широко изучалось, особенно в неорганических устройствах. Хотя эту концепцию захвата света можно перенести на органические устройства, необходимо также учитывать электрические эффекты, вызванные наноструктурой, на рабочие характеристики устройства из-за принципиального различия свойств органических полупроводниковых материалов по сравнению с их неорганическими аналогами. В данной работе мы в качестве примера моделируем электрические свойства органических солнечных элементов с прямоугольной решетчатой структурой по сравнению с планарными эталонными устройствами. Основываясь на наших численных результатах, мы демонстрируем, что, помимо увеличения оптического поглощения, коэффициент заполнения устройства значительно улучшается за счет внедрения решетчатых структур. Из моделирования мы пришли к выводу, что повышенная эффективность сбора носителей является основной причиной увеличения коэффициента заполнения солнечного элемента. Эта работа способствует более фундаментальному пониманию влияния наноструктурированных электродов на электрические свойства органических солнечных элементов.

Ключевые слова: органические солнечные элементы, оптическое поглощение, моделирование, наноструктуры, преобразование энергии, коэффициент заполнения.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-131-2-8-16>

Поступила: 10.02.2020 / Доработана: 28.04.2020 / Допущена к опубликованию: 29.05.2020

Введение. Низкие затраты на материалы и изготовление, простота обработки органических материалов и возможность изготовления ультратонких, гибких ячеек с использованием таких технологий, как процессы растворов, печать и технология Roll-to-Roll, создают органические солнечные элементы (ОСЭ). Они являются идеальными кандидатами для будущего рынка возобновляемой энергии. Свойства органического материала, такие как молекулярная масса, ширина запрещенной зоны и поглощающие свойства, могут быть легко скорректированы путем изменения длины и наличия различных функциональных групп, что делает их интересными для широкого спектра оптоэлектронных применений [1]. В последние годы повышение производительности органических солнечных элементов привело к высокой эффективности

преобразования энергии (ЭПЭ), в настоящее время имеющей рекорд 13,2%, установленный Heliatek. Тем не менее, органические фотоактивные материалы имеют определенные присущие им недостатки, такие как относительно узкая полоса поглощения, короткие длины диффузии экситонов и низкая подвижность носителей заряда [2].

Чтобы устранить эти недостатки и дополнительно повысить эффективность устройства, была поставлена задача: исследовать различные способы управления светом для достижения усиления оптического поля в области фотоактивного слоя. Эти подходы основаны на плазмонных, дифракционных и рассеивающих эффектах, например, вызванных интеграцией металлических наночастиц вблизи или в фотоактивном слое, включением металлических и неметаллических, аperiodических или (квази) периодических поверхностных структур или интеграцией случайно распределенных металлических наночастиц в заднем контактном слое. Существует несколько работ, где пишется об улучшении эффективности наноструктурированных неорганических солнечных элементов в результате улучшенного оптического поглощения, которое является доминирующим фактором для повышения общей производительности и в этом случае непосредственно приводит к увеличению фототока. Меньшее внимание уделялось электрическому эффекту от включения плазмонных наноструктур в неорганические солнечные элементы из-за большой толщины фотоактивного слоя, очень высокой подвижности носителей заряда и эффективной эффективности сбора заряда [3]. Однако недавно было продемонстрировано, что наноструктуры могут привести к улучшению электрических свойств в неорганических солнечных элементах, основное внимание уделяется улучшению электрических контактов, возникающих из-за различных наноструктур. В органических устройствах из-за фундаментальных различий между оптико-электронными свойствами органических полупроводников и неорганических материалов следует рассмотреть также улучшения, связанные с электрическими свойствами, вносимыми наноструктурами, наряду с увеличением оптического поглощения [4].

Хотя электрические процессы, происходящие в органических солнечных элементах, например, генерация / диссоциация экситонов, перенос носителей заряда, механизмы потери рекомбинации и эффекты межфазной морфологии, были экспериментально исследованы для наноструктурированных ОСЭ, теоретическое/численное исследование для всестороннего предсказания электрических эффектов, возникающих в результате интеграции таких сложных неплоских наноструктур, до сих пор отсутствует [5].

Интегрированные светозахватывающие наноструктуры могут влиять на физические процессы, такие как потери носителей заряда, эффективность транспортировки и сбора. Эти процессы зависят от нескольких факторов, таких как распределение электрического поля, процесс разделения экситонов и пространственная концентрационная зависимость рекомбинации носителей, эффективно влияющих на конечный ЭПЭ ячейки [6].

Решение проблемы более точного отслеживания свойств электрического устройства является нашей целью, и для её достижения мы выполняем численное моделирование наноструктурированных органических солнечных элементов, учитывая при этом физику органических полупроводников. Мы рассчитываем оптические и электрические свойства устройства, используя трехмерные (3D) конечно-разностные (КР) и конечно-элементные (КЭ) методы соответственно. В частности, мы исследуем контактное поведение, динамику экситонов и перенос носителей заряда для неупорядоченных материалов. Опираясь на это, в качестве примера мы выполним полное электрическое моделирование хорошо известной обычной установки органических солнечных элементов с решеткой с обратным контактом, чтобы понять, как наноструктурирование влияет на электрические свойства таких органических устройств. В результате мы обнаруживаем значительное улучшение электрических свойств в исследуемом наноструктурированном органическом солнечном элементе, помимо того, что регулируется усилением оптического поглощения, возникающим просто из реализованной решетчатой структуры.

Результаты. Примерная выбранная традиционная структура ОСЭ, изученная в этой работе, состоит из следующей хорошо известной многослойной структуры (рис. 1): Тонкий оксид индия (ITO) / поли-3,4-этилендиокситиофен: поли (стиролсульфонат) (PEDOT: PSS)

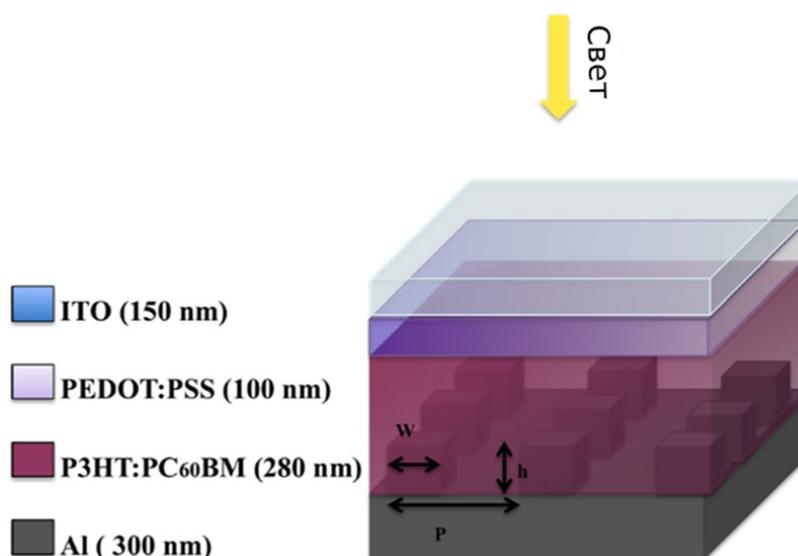


Рисунок 1 – Геометрия модели органического солнечного элемента с решеткой заднего контакта и толщиной материала, использованной при моделировании, где h - высота стойки (нм), период P - решетки (нм), W - ширина стойки (нм)

/ Поли (3-гексилтиофен-2,5-диил) (РЗНТ), смешанный с метиловым эфиром -фенил С61 масляной кислоты (РС60ВМ) / алюминий (Al).

В нашей статье, чтобы сначала исследовать согласованность параметров моделирования и проверить нашу электрическую модель, мы подгоняли модель к экспериментально измеренным данным для плоской структуры эталонного устройства [7]. Все электрические параметры, используемые для подгонки, взяты непосредственно из литературы или оценены экспериментальными измерениями (табл. 1). Рисунок 2 демонстрирует установленное согласие между экспериментальными и смоделированными результатами для кривых зависимости плотности тока от напряжения (J - V) для плоского органического солнечного элемента с активным слоем толщиной 200 нм.

В качестве второго шага, для точного отслеживания электрических свойств органических солнечных элементов, мы применили равномерный постоянный профиль генерации экситонов в активном слое, что позволяет проводить точный анализ отклика электрического устройства. Мы провели электрическое моделирование для модифицированных устройств с изменяющейся геометрией решетки и сравнили результаты с результатами плоской эталонной структуры. Мы рассмотрели архитектуру задней контактной решетки (см. рис. 1) с различной высотой квадратных столбов ($h = 40, 80, 120, 160$ и 200 нм), сохраняя при этом шаг решетки ($p = 400$ нм) и ширину стойки ($w = 100$ нм) постоянными. На рисунке 3 показаны характеристики симулированной плотности тока устройства в зависимости от напряжения (J - V) для разных высот стойки. Для увеличения высоты стойки J_{SC} (по величине), V_{OC} и ЭПЭ уменьшаются. С другой стороны, КЗ увеличивается с увеличением высоты наноструктуры. (Более высокое значение J_{SC} по сравнению с рис. 2 обусловлено большей толщиной активного слоя (280 нм).

Влияние столба на напряжение V_{OC} разомкнутой цепи очень ограничено, в то время как плотность тока короткого замыкания J_{SC} уменьшается для более высоких опор. Это снижение соответствует нашим ожиданиям, поскольку высота активного слоя в этом моделировании поддерживается постоянной, и, следовательно, увеличение высоты стойки приводит к уменьшению эффективного объема активного слоя. Уменьшенный объем активного слоя приводит к меньшему поглощению света, что, по сути, также уменьшает J_{SC} для увеличения высоты столба. Это также является основной движущей силой снижения ЭПЭ, полученного для увеличения высоты столба в этих симуляциях. Чтобы понять электрический отклик архитектуры решетки, на рисунке 4 изображены рассчитанные, обычно используемые показатели качества, то есть V_{OC} , J_{SC} , коэффициент заполнения (FF), и PCE, как функции

высоты стойки. Стоит отметить, что в то время как влияние на V_{OC} ограничено, J_{SC} заметно уменьшается для более высоких столбов. Это уменьшение связано с тем, что в наших моделях толщина активного слоя (а не объема) поддерживается постоянной, что уменьшает объем активного слоя поглощающего материала с увеличением высоты столба. Тем не менее, снижение ЭПЭ не согласуется с более низким поглощением, что можно понять, рассматривая улучшенную эффективность сбора и, следовательно, увеличение КЗ как функцию высоты столба.

Наблюдаемое снижение PCE, однако, не согласуется с вкладом, исходящим от более низкого поглощения, и, следовательно, J_{SC} . Это наблюдение можно понять, если учесть повышенную эффективность сбора, приводящую к улучшению коэффициента заполнения (КЗ) при увеличении высоты столба в камерах. Как показано на рисунке 4, при увеличении высоты решетчатой структуры до 200 нм можно наблюдать значительное улучшение КЗ на 18%. Это улучшение КЗ главным образом связано с увеличенной межфазной областью для сбора носителей заряда между активным слоем и задним контактом, а также с уменьшенными потерями при транспортировке свободных носителей заряда к контакту. Это увеличение КЗ приводит к меньшему падению ЭПЭ по сравнению с тем, которое возникает исключительно из-за падения J_{SC} . Соответственно, как показано на рисунке 5, для моделируемой траектории сбора электронов и пространственной величины электронного тока введение столбов приводит к более эффективному сбору свободных носителей и, следовательно, к лучшему КЗ по сравнению с плоской ячейкой. Благодаря введению столбов в органический солнечный элемент площадь поверхности между активным слоем и обратным контактом увеличивается. Это приводит к более эффективному сбору свободных носителей и, следовательно, к увеличению КЗ по сравнению с плоской эталонной ячейкой.

Таблица 1

Параметры электрического моделирования

Параметр	Обозначение	Величина
Толщина фотоактивного слоя	L	200 нм
Катод (Al) рабочая функция	$\Phi_{\text{катод}}$	-4.1
Анод (PEDOT) рабочая функция	$\Phi_{\text{анод}}$	-5.2
Наступление уровня НОМО	$E_{\text{НОМО}}$	-5.1 eV
Наступление уровня LUMO	E_{LUMO}	-3.9 eV
Скорость распада экситонов	$k_{\text{рас}}$	10^4 1/s
Расстояние между парами	x_a	1.2 нм
Ширина LUMO и НОМО Гауссова	σ_e, σ_h	0.128 eV
Подвижность дырок	μ_h	4×10^{-4} $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$
Подвижность электронов	μ_c	2×10^{-3} $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

Моделирование показывает, что даже при увеличении КЗ общий ЭПЭ в структурированной ячейке уменьшается по сравнению с плоской (рис. 4 d). Это связано с тем, что мы используем постоянный профиль генерации для изучения электрического поведения этих структур, и, таким образом, благодаря введению решетчатой структуры количество фотогенерируемых носителей уменьшается вместе с объемом поглотителя, что в результате приводит к снижению ЭПЭ.

В действительности, некоторые экспериментальные и численные исследования показывают, что даже если интеграция наночастиц или решетчатых структур в ячейки уменьшает объем поглотителя, это введение все же может повысить общую эффективность оптического поглощения и, следовательно, J_{SC} ячейки. Чтобы наконец пролить свет на это несоответствие, мы выполняем оптическое моделирование для тех же геометрий, а затем вводим пространственно разрешенные скорости генерации экситонов в наш электрический симулятор. Как показано на рисунке 6а, спектр оптического поглощения, рассчитанный для органического активного слоя, который включает в себя квадратные столбы высотой 200 нм,

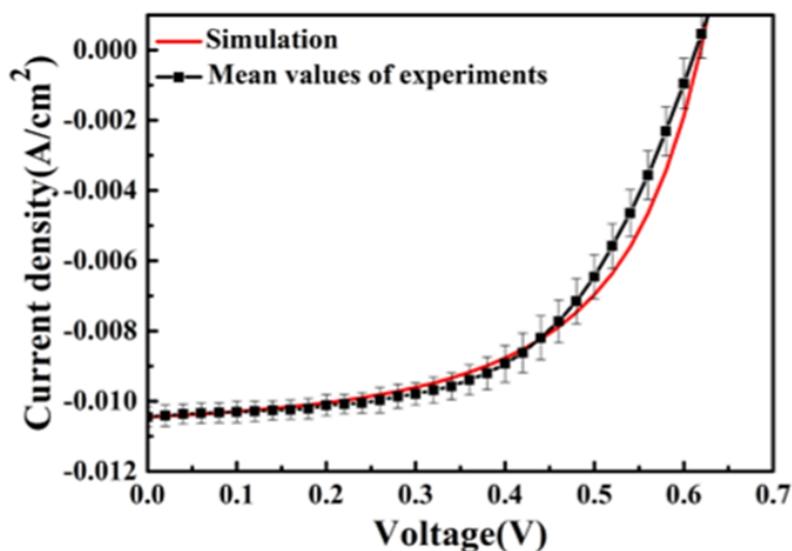


Рисунок 2 – Экспериментальные и смоделированные результаты для кривых зависимости плотности тока от напряжения для плоского органического солнечного элемента с активным слоем толщиной 200 нм

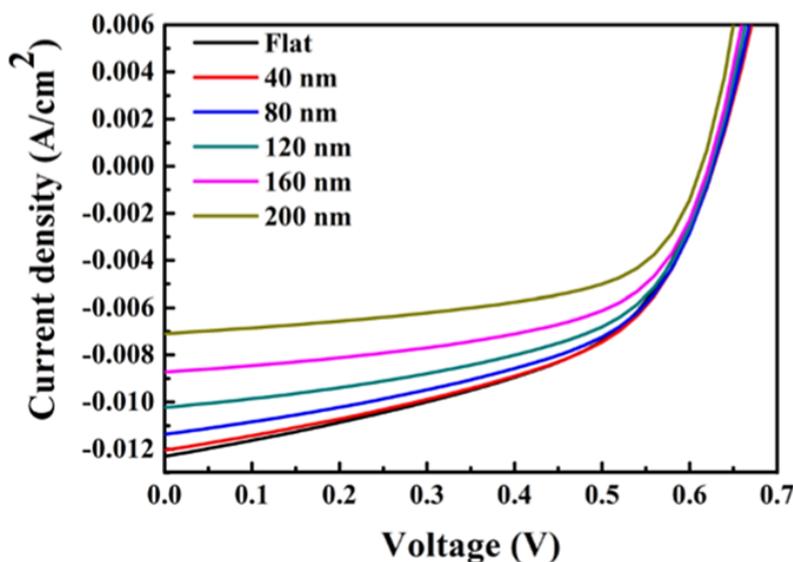


Рисунок 3 – Плотность тока в зависимости от напряжения (J-V), характерная для плоского OSC, по сравнению с устройствами с задней контактной решеткой различной высоты

показывает увеличение оптического поглощения на 8,8% (усредненное по рассматриваемому диапазону длин волн) по сравнению с плоским солнечным элементом. Отметим, что это самое высокое оптическое поглощение, полученное при сравнении множества разных высот и ширины столба для двух разных исследованных шагов решетки. На рисунке 6б сравниваются J-V характеристики ячейки с решетчатой структурой (синяя кривая) с ячейкой, имеющей плоскую геометрию (черная кривая), где профиль генерации экситонов под влиянием решетчатой структуры выровнен с плоской. Эффективность преобразования энергии для ОСЭ, имеющих наноструктурированную решетку, повышается исключительно благодаря повышенной эффективности сбора заряда. Благодаря включению оптического усиления на 8,8% в солнечном элементе электрические свойства с точки зрения J_{SC} , КЗ и, следовательно, ЭПЭ (28,5%) улучшаются еще больше.

Следует отметить, что ЭПЭ может практически улучшиться до более высоких значений благодаря детальной оптоэлектротехнике - одновременному оптическому и электрическому

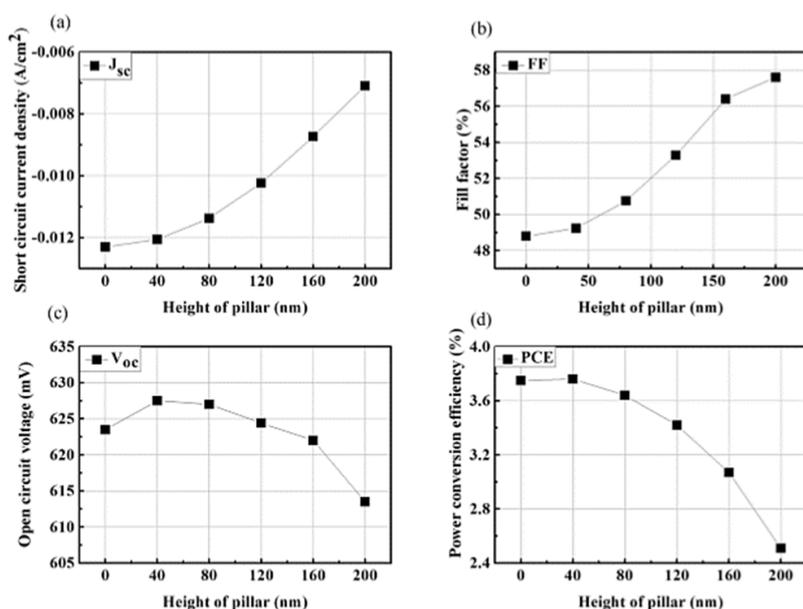


Рисунок 4 – Численные результаты для (a) плотности тока короткого замыкания J_{SC} , (b) коэффициента заполнения КЗ, (c) напряжения холостого хода V_{OC} и (d) общей эффективности преобразования мощности ЭПЭ рассматриваемого ОСЭ

усовершенствованию, предлагаемому этой технологией. С этой целью мы снова смоделировали устройство, учитывая 8,8% оптического улучшения (красная кривая). Как показано в таблице 2 и на кривой J-V (рис. 6 (b)), ЭПЭ увеличился до 28,5%, что обусловлено как увеличением оптического поглощения, так и улучшенной эффективностью сбора заряда.

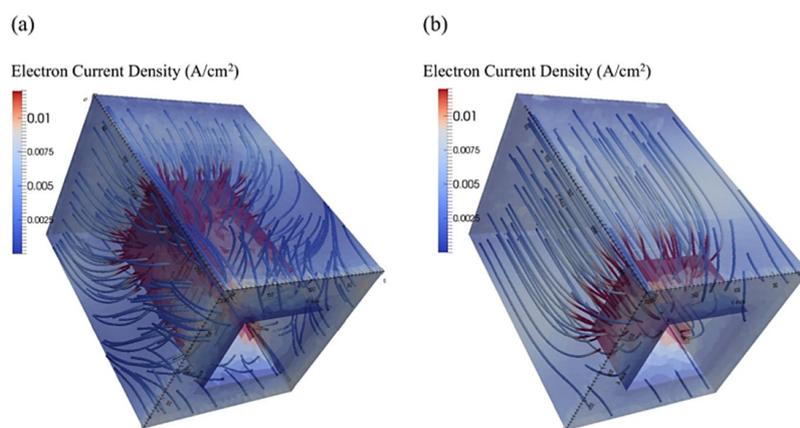


Рисунок 5 – Величина плотности электронного тока (трубки) в активном слое для двух разных высот столба (a) $h = 200$ нм, (b) $h = 80$ нм

Таблица 2

Характеристики органического солнечного элемента, показанного на рис. 6 б.

Устройство	V_{oc} (mV)	J_{sc} (mA/cm ²)	КЗ (%)	ЭПЭ (%)
Планар	623	12.3	48.8	3.74
Колонны 200 нм	629	12.3	56.5	4.37
200 нм столбы вкл. улучшение оптического поглощения	629	13.3	57.6	4.82*

Примечание* Общее улучшение PCE (~ 28,5%) обусловлено лучшей эффективностью сбора заряда (~ 18%) и оптическим улучшением (~ 8,8%).

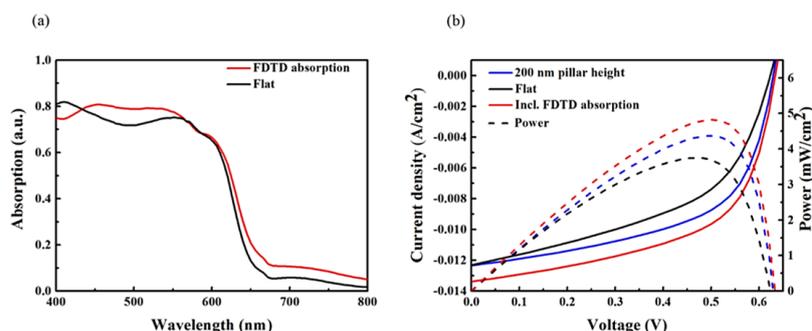


Рисунок 6 – (а) Оптическое поглощение плоских и квадратных решетчатых структур с высотой столба 200 нм; (б) Электрические свойства плоского эталонного солнечного элемента (черная линия), решетчатой структуры с профилем оптической генерации, выровненной по планарной ячейке (синяя линия), и солнечного элемента с оптическим профилем генерации, рассчитанного методом КР (красная линия)

В целом, наш подход применим к нескольким сложным геометриям и системам материалов. Сравнивая результаты, полученные с экспериментальными измерениями аналогичных структур, можно качественно проверить рассчитанное поглощение и усиление КЗ. Например, для структур, подобных тем, которые изучались здесь, следует, что производительность клеток и КЗ улучшаются (25,5% и 19,4% соответственно) с помощью нанотекстурированной PEDOT:PSS с использованием nano-отпечаточной литографии, что можно качественно объяснить с помощью нашего аналогичного исследования на моделировании.

Заключение. В этой работе мы изучили электрические свойства трехмерных органических солнечных элементов с решеткой на задней поверхности. Мы продемонстрировали, что ячейки, структурированные квадратными столбами, могут привести к увеличению коэффициента заполнения на 18% по сравнению с плоским ОСЭ. Мы рассматриваем это увеличение коэффициента заполнения для увеличенной межфазной области для сбора носителей заряда, что приводит к уменьшению потерь и повышению эффективности сбора заряда. Наибольший коэффициент заполнения для исследуемой структуры обнаруживается, когда высота решетки достигает максимального значения 200 нм, что достигается с помощью нескольких доступных методов литографии. Кроме того, оптическое моделирование показывает увеличение поглощения на 8,8% внутри активного слоя. Наши результаты подтверждают, что, внедряя наноструктурированные решетки в органические солнечные элементы, мы, помимо того, что получаем оптическое улучшение, можем повысить эффективность преобразования энергии солнечных элементов благодаря одновременному улучшению как электрических, так и оптических характеристик элементов.

Методиками изучения стали электрическое моделирование и оптическое моделирование. Мы выполнили оптический анализ с использованием метода конечных разностей (англ. Finite Difference Time Domain – FDTD), используя коммерчески доступный программный пакет FDTD Solutions от Lumeric с интерфейсом на английском языке, чтобы рассчитать пространственное распределение электромагнитного поля в зависимости от времени и положения в трехмерной области.

Список литературы

- 1 Сондергаард Р., Хесел М., Англо Д., Ларсен-Олсен Т., Кребс Ф. Изготовление полимерных солнечных элементов // *Материалы сегодня*, сб. ст. Дания: Технический университет Дании. - 2012. - №15. - С. 36-49.
- 2 Де-Оливейра Гансен Р.М., Лю И., Мадсен М., Рубан Х.Г. Гибкие органические солнечные элементы, в том числе повышающие эффективность решетчатых структур. [Электрон. ресурс]–URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23481209> (дата обращения: 14.11.2019).
- 3 Кан Ж.В. другие. Полностью покрытые распылением инвертированные органические солнечные элементы // *Материалы солнечной энергии и солнечные элементы*, сб. ст. Чангвон: Корейский институт материаловедения (KIMS). - 2012. -Т.103. -С. 76-79.
- 4 Мюллер Л.М. и другие. Повышение эффективности органических солнечных элементов путем изготовления периодических поверхностных текстур с использованием прямого лазерного интерференционного рисунка.

[Электрон. ресурс]- URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.201104331>(дата обращения: 14.11.2019).

- 5 Лин Х. Рациональный дизайн инвертированных массивов нанопанелей для рентабельного, широкополосного и всенаправленного сбора света. [Электрон. ресурс]-URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/nm500418x> (дата обращения 16.11.2019).
- 6 Лян Х., Джонни С.Х. Инвертированные кремниевые наноразмерные солнечные батареи с улучшенными контактными структурами. [Электрон. ресурс]- URL: <https://www.nature.com/articles/srep34139> (дата обращения: 20.11.2019).
- 7 Парк Х.И. Высокоэффективные органические фотовольтаики с кластерами наночастиц металла с плазмонной связью // «ACS Nano» сб. ст. Тэджон: Кафедра материаловедения и инженерии (КАИСТ). - 2014. - №8. - С. 305-312.

Д.М. Калманова, Д.С. Сарбаева

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

Наноқұрылымды электродты органикалық күнэлементтері құрылғысының сипаттамаларына электрлік әсер ету

Аннотация. Жарық түсіру қасиеттерінің интеграциясы және металл наноқұрылымдарының плазмондық эффектілерін қолдану органикалық күн батареяларын энергия түрлендірудің тиімділігін арттырудың перспективті тәсілі болып табылады. Бұл тәсілдердің жарық сіңіруді жақсартуға әсері жан-жақты зерттелген, әсіресе бейорганикалық құрылғыларда. Жарық түсірудің бұл тұжырымдамасын органикалық құрылғыларға өткізуге болатынына қарамастан, органикалық емес өткізгіштік материалдардың қасиеттеріндегі органикалық жартылай өткізгіштердің қасиеттері түбегейлі айырмашылыққа байланысты наноқұрылымның әсерінен туындаған электрлік әсерді де ескеру қажет. Бұл үлгіні мысал ретінде жазықтық тірек құрылғыларымен салыстыра отырып, тікбұрышты торлы құрылымы бар органикалық күн батареяларының электрлік қасиеттерін моделдейміз. Сандық нәтижелерге сүйене отырып, торлы құрылымдарды енгізудің арқасында, оптикалық сіңуді жоғарылатумен қатар, құрылғының толтыру коэффициенті айтарлықтай жақсарғанын көрсетеміз. Зерттеу нәтижесінде, симуляциядан тасымалдаушы жинау тиімділігінің артуы күн батареясының толтыру коэффициентінің артуының басты себебі деген қорытындыға келдік. Бұл жұмыс наноқұрылымды электродтардың органикалық күн жасушаларының электрлік қасиеттеріне әсерін неғұрлым түбегейлі түсінуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: органикалық күн батареялары, оптикалық сіңіру, модельдеу, наноқұрылымдар, энергияны түрлендіру, толтыру коэффициенті.

D.M. Kalmanova, D.S. Sarbayeva

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

Influence of electrical impacts on the device characteristics of organic solar cells with a nanostructure electrode

Abstract. The integration of light capture properties and the use of plasmon effects of metal nanostructures are promising approaches for increasing the efficiency of energy conversion of organic solar cells. The effect of these approaches on improving light absorption has been extensively studied, especially in inorganic devices. Although this concept of light capture can be transferred to organic devices, it is also necessary to take into account the electrical effects caused by the nanostructure on the device's performance due to the fundamental difference in the properties of organic semiconductor materials compared to their inorganic counterparts. In this contribution, as an example, we simulate the electrical properties of organic solar cells with a rectangular lattice structure compared to planar reference devices. Based on our numerical results, we demonstrate that, in addition to increasing optical absorption, the fill factor of the device is significantly improved due to the introduction of lattice structures. From the simulation, we came to the conclusion that the increased carrier collection efficiency is the main reason for the increase in the fill factor of the solar cell. This work contributes to a more fundamental understanding of the effect of nanostructured electrodes on the electrical properties of organic solar cells.

Keywords: organic solar cells, optical absorption, modeling, nanostructures, energy conversion, fill factor.

References

- 1 Sondergaard R., Xesel M., Angmo D., Larsen-Olsen T., Krebs F. Izgotovlenie polimernyx solnechnyx elementov [Production of polymer solar cells], Materialy segodnya, sb. st. Daniya: Texnicheskij universitet Danii, 15, 36-49(2012).
- 2 De-Oliveira Gansen R. M., Lyu I., Madsen M., Ruban X.G. Gibkie organicheskie solnechnye elementy, v tom chisle povyshayushhie effektivnost reshchatykh struktur [Flexible organic solar cells, including increasing the efficiency of lattice structures] [Elektron. resurs] – 2013. – Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23481209> (Accessed: 14.11.2019).

- 3 Kan Zh.V. i drugie. Polnostyu pokrytye raspyleniem invertirovannye organicheskie solnechnye elementy [Fully Spray Inverted Organic Solar Cells], *Materialy solnechnoj energii i solnechnye elementy*, sb. st. Changvon: Korejskij institut materialovedeniya (KIMS), 103, 76–79 (2012).
- 4 Myuller L.M. i drugie. Povyshenie effektivnosti organicheskix solnechnyx elementov putem izgotovleniya periodicheskix poverxnostnyx tekstur s ispolzovaniem pryamogo lazernogo interferencionnogo risunka [Improving the efficiency of organic solar cells by fabricating periodic surface textures using direct laser interference pattern] [Elektron. resurc].- 2012. – Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.201104331> (Accessed: 14.11.2019).
- 5 Lin X. Racionalnyj dizajn invertirovannyx massivov nanopanelij dlya rentabel'nogo, širokopolosnogo i vse-napravlen'nogo sbora sveta [Rational design of inverted nanopanel arrays for cost-effective, broadband and omnidirectional light collection] [Elektron. resurc].- 2014. – Available at: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/nn500418x> (Accessed: 16.11.2019).
- 6 Lyan X., Dzhonni S.X. Invertirovannye kremnievye nanorazmernye solnechnye batarei s uluchshennymi kontaktnymi strukturami [Inverted silicon nanoscale solar cells with improved contact structures] [Elektron. resurc]. - 2016. – Available at: <https://www.nature.com/articles/srep34139> (Accessed: 20.11.2019).
- 7 Park X.I. Vysokoe effektivnye organicheskie fotovoltaiki s klasterami nanochasticz metalla s plazmonnoj svyazyu [High-performance organic photovoltaics with plasmon-coupled metal nanoparticle clusters], «ACS Nano» sb. st. Te'dzhon: Kafedra materialovedeniya i inzhenerii (KAIST), 8, 305-312 (2014).

Сведения об авторах:

Калманова Д.М. – кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры космической техники и технологии физико-технического факультета, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 11, Нур-Султан, Казахстан.

Сарбаева Д.С. – магистрант 1 курса специальности «Космическая техника и технологии» физико-технического факультета, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 11, Нур-Султан, Казахстан.

Kalmanova D.M. – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of of the department “Space technique and technologies”, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan str., 11, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Sarbayeva D.S. – 1st year Master’s student of the specialty “Space technique and technologies”, The Faculty of “Physics and technology”, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukanstr., 11, Nur-Sultan, Kazakhstan.

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

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

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

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

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

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

FTAMPK <http://grnti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

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

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

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

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

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

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

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

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

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

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

Әдебиеттер тізімін рәсімдеу мысалдары

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

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

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

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

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

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

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

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

Реквизиты:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

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

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Template

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

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

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

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

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

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

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

Periodicity of the journal: 4 times a year.

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

Реквизиты:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859- за статью

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

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

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

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

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

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

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

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

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

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

Язык публикаций: казахский, русский, английский.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Примеры оформления списка литературы

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

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

Периодичность журнала: 4 раза в год.

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

Реквизиты:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859- за статью

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

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

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

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

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

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Ректору
ЕНУ имени Л.Н. Гумилева

СОПРОВОДИТЕЛЬНОЕ ПИСЬМО

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

- право на воспроизведение Произведения (опубликование, обнародование, дублирование, тиражирование или иное размножение Произведения) без ограничения тиража экземпляров, право на распространение Произведения любым способом. При этом каждый экземпляр произведения должен содержать имя автора (ов) Произведения;

- право на включение в составное произведение;

- право на доведение до всеобщего сведения;

- право на использование метаданных (название, имя автора (правообладателя), аннотации, библиографические материалы, полный текст Произведения и пр.) Произведения путем распространения и доведения до всеобщего сведения, обработки и систематизации, а также включения в различные базы данных и информационные системы, в том числе полнотекстовых версий опубликованного Произведения.

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

Автор(ы) также предоставляют издателю журнала право хранения и обработки своих персональных данных без ограничения по сроку (фамилия, имя, отчество, сведения об образовании, сведения о месте работы и занимаемой должности). Персональные данные предоставляются для их хранения и обработки в различных базах данных и информационных системах, включения их в аналитические и статистические 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)

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 535.37

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

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

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

Люминесценция кристаллов ZnWO₄ с введенным кислородом

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

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

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

МРНТИ: 539.534.9; 621.039.542.34

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

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

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

³ *Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия*

⁴ *Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

(E-mail: Seitbayevaibek@gmail.com)

Кинетика ионолюминесценции кристаллов LiF¹

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. Формулы, таблицы, рисунки

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

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

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

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

Таблица 1 – Название таблицы

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



Рисунок 1 – Название рисунка

3. Ссылки и библиография

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

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

Список литературы оформляется следующим образом.

Список литературы

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

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

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

² Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей

³ Ядролық физика институты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Оттегі енгізілген ZnWO₄ кристалдарының люминесценциясы

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

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

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

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

² Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

³ Institute of Nuclear Physics, Nur-Sultan, Kazakhstan

Luminescence of ZnWO₄ crystals with oxygen introduced

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

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

References

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

Сведения об авторах:

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

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

Редакторы: А.Т. Ақылбеков

Шығарушы редактор, дизайн: Г. Мендыбаева

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

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

Мазмұнына типография жауап бермейді.

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды