

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

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

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

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

Редакция алқасы

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

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

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: Г. Мендыбаева

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

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

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

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

Editor-in-Chief

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

Deputy Editor-in-Chief

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

Editorial Board

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

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

Responsible secretary, computer layout: G. Mendybayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

PHYSICS. ASTRONOMY Series

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

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

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

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

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

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

Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

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

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

Зам. главного редактора

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

Редакционная коллегия

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

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

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: Г. Мендыбаева

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

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

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

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

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

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

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

№2(131)/2020

МАЗМҰНЫ

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

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

№2(131)/2020

CONTENTS

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

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

№2(131)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Калманова Д.М., Сарбаева Д.С.</i> Влияние электрических воздействий на характеристики устройства органических солнечных элементов с наноструктурированным электродом	8
<i>Ергалиұлы Г., 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.Г., Советкажиев А.Е., Алимов Д.А., Куандыкова А.Г., 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>Нуралиметов 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 Г., 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 Г.</i> Экспериментальное исследование упругого рассеяния дейтронов на ядре ^{13}C при низких энергиях	92
<i>Сейтбаев А., Скуратов В., Акилбеков А., Даулетбекова А., Здоровец М.</i> Кинетика ионолюминесценции кристаллов LiF	99

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы, 2020, том 131, №2, 59-68 беттер
<http://bulphysast.enu.kz>, E-mail: vest_phys@enu.kz

МРНТИ: 29.19.01

Т.Н. Нурахметов¹, Ж.М. Салиходжа¹, М.Ю. Доломатов², А.М. Жунусбеков¹,
А.Ж. Кайнарбай¹, Д.Х. Дауренбеков², Б.М. Садыкова¹, К.Б. Жанылысов¹,
Б.Н. Юсупбекова¹

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

² Башкирский государственный университет, Уфа, Россия
(E-mail: sali.zhmb4@yandex.kz, batsaiy_s@mail.ru)

Спектр создания собственных излучений и образования центров захватов в кристаллах K_2SO_4 и $K_2SO_4-Tl^+$

Аннотация: в работе целенаправленно исследован методами вакуумно-ультрафиолетовой и термоактивационной спектроскопии спектр создания собственных полос излучения и образования электронно-дырочных центров захвата в K_2SO_4 и $K_2SO_4 - Tl^+$. При возбуждении фотонами с энергиями $4 \div 12$ эВ при $15 \div 300$ К обнаружены собственные полосы излучения 5-5,5 эВ, 4-4,2 эВ, 3,7-3,8 эВ и 3,64 эВ, возникающие при рекомбинации электронов с неэквивалентно расположенными дырками и электронные Tl^+ и дырочные $Tl^+SO_4^-$ -центры захвата в $K_2SO_4 - Tl^+$.

Ключевые слова: фотоны, электроны, дырки, люминесценция, рекомбинация, запрещенная зона, валентная зона.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-131-2-59-68>

Поступила: 11.03.2020 / Доработана: 11.05.2020 / Допущена к опубликованию: 29.05.2020

Введение. Сульфаты щелочных и щелочноземельных металлов применяются в качестве термолюминесцентных дозиметров, люминофоров и детекторов различного назначения. Для практического применения сульфатов необходимо увеличивать их люминесцирующие свойства или дефектность кристаллов. Кристаллы K_2SO_4 относятся к хорошо изученным сульфатам.

Дефектообразование и собственные излучения в кристалле изучаются более 40 лет. В первых работах авторов [1] было показано, что в облученных K_2SO_4 возникают коротковолновые полосы излучения при 3,7-3,8 эВ и длинноволновые широкие полосы $2 \div 3,1$ эВ Китюк и другие в своих расчётных работах [2] показали, что в K_2SO_4 верхняя часть валентной зоны состоит из трех подполос и образована из 2р состояния кислорода. Зона проводимости образуется из 4s состояния катиона K^+ и несвязывающих орбиталей 2р состояния кислорода. Нами [3, 4] для $CaSO_4$ и $LiKSO_4$ экспериментально показано, что коротковолновые полосы при 4,1-4,3 эВ, 3,7-3,8 эВ, 3,64 эВ и широкая длинноволновая полоса излучения $2 \div 3,1$ эВ создаются при возбуждении низкоэнергетическими фотонами с энергиями $5 \div 6,2$ эВ при 80 К и 300 К. Эти же полосы создаются при возбуждении высокоэнергетическими фотонами $7 \div 11$ эВ при 15 К и 300 К.

Образование и природа коротковолновых полос излучения с максимумами от 3,64 эВ до 5 эВ в облученных сульфатах щелочных и щелочноземельных металлов в литературе почти не обсуждается. Многие авторы [3,9] предполагают, что коротковолновые полосы излучения в сульфатах создаются при рекомбинации электронов с неэквивалентно расположенными дырками SO_4^- .

В нашей недавно опубликованной работе [4] на основе экспериментальных данных предполагалось, что множество основных коротковолновых полос излучения кристалла $CaSO_4$ связано со структурными особенностями. Методом ЭПР [5] и полуэмпирическими расчетами [6] было показано, что в облученных $CaSO_4$ вдоль трех кристаллографических направлений

¹Данная работа осуществлялась при поддержке Комитета по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан, гранты № AP05131725 и AP05132165.

создаются разные локализованные дырки SO_4^- . Термическая стабильность этих SO_4^- радикалов и, соответственно, локальные уровни дырок от потолка валентной зоны отличаются по энергии активации (кТ). Орбитальные энергии неспаренного электрона в радикале SO_4^- , который является основным состоянием дырочного центра захвата, намного отличаются в разных кристаллографических направлениях [6]. При рекомбинации электрона с такими дырками, отличающимися по основным состояниям, возникают разные коротковолновые излучения (от 3,64 эВ до 5 эВ).

Во многих случаях максимумы полос не намного зависят от катиона основания. Например, в кристаллах LiKSO_4 (5,8 эВ), LiNaSO_4 (5,84 эВ), LiRbSO_4 (5,16 эВ) ширина запрещенной зоны отличается незначительно [7,8]. В облученных естественных кристаллах CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4 при 300 К возникает одна широкая полоса излучения с максимумом при 3,54 эВ, и его положение не зависит от катиона основания [9]. Поэтому считается, что положение основных полос излучения в сульфатах зависит от электронной структуры анионного комплекса SO_4^{2-} .

Электронные центры захвата в сульфатах щелочных металлов прямыми экспериментами не обнаружены. Как предполагалось в наших предыдущих работах [4], появление нескольких коротковолновых собственных полос излучения от 3,64 эВ до 5 эВ связано с рекомбинацией электронов с неэквивалентно расположенными дырками SO_4^- по трем кристаллографическим направлениям а, b, с. Авторы работы показали, что электронные центры захвата могут возникать комплементарно с дырочными центрами SO_4^- при захвате электрона анионным комплексом SO_4^{2-} [10]. Возможно, такому электронному центру SO_4^{3-} соответствует локальное состояние в зоне проводимости. Аналогичные локальные состояния можно создать введением в K_2SO_4 примеси Tl^+ , которые эффективно захватывают электроны.

Основной задачей настоящей работы является измерение спектра создания отдельных коротковолновых полос излучения в широкой спектральной области 5 ÷ 12 эВ при 15 К и 300 К в кристаллах K_2SO_4 , $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$. По спектрам возбуждения отдельных коротковолновых полос излучения можно идентифицировать соответствующие электронные переходы. Для выяснения природы коротковолновых полос излучения в кристалле K_2SO_4 будут введены примеси Tl^+ , которые хорошо захватывают электроны. Тем самым можно увеличивать концентрацию локализованных дырок SO_4^- , которые создаются во время облучения в паре с электронами. Измерение спектра возбуждения длинноволновых полос излучения 2 ÷ 3,1 эВ дает возможность оценить энергетические уровни собственных и примесных Tl^+ электронно-дырочных центров захвата.

В спектрах возбуждения коротковолновых полос должны проявляться собственные и примесные электронные состояния, в которых осуществляются электронные переходы для рекомбинации с дырочными SO_4^- - центрами.

Объекты и методы исследования. Кристаллы K_2SO_4 и $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$ выращены при температуре 40° С из насыщенного водного раствора методом медленного испарения. Из кристалла вырезались пластинки толщиной 3–5 мм. Нами исследованы образцы кристаллов и порошков химической чистотой 99,99% K_2SO_4 и $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$. Кристаллы и порошки K_2SO_4 и $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$ исследованы методами фотолуминесценции, рентгенолуминесценции и вакуумно-ультрафиолетовой спектроскопии. Облучение объектов исследования проводилось из рентгеновской трубки БСВ-23 с медным анодом, ток трубки составляла 10 мА, напряжение - 40 кВ. Энергия рентгеновского фотона составлял 10-15 кэВ. Для возбуждения в ультрафиолетовой области спектра использован источник ВУФ радиации – проточная водородная лампа с энергией фотонов 6,2 ÷ 11,5 эВ. Для измерения спектров излучения и возбуждения в спектральной области 1,5 ÷ 6,2 эВ использован спектрофлуориметр Solar CM 2203. Измерение спектров возбуждения и излучения в области спектра 4 ÷ 11,5 эВ проводилось на вакуумном монохроматоре, собранном по схеме Seya-Namioka в широкой области температур 15 ÷ 400 К. Регистрация излучения кристаллов проводилась через монохроматор МДР-41 с помощью ФЭУ (Photomultipliertube) 1P28 (Hamamatsu, Japan). Спектр возбуждения исправлен на спектральное распределение интенсивности возбуждающего излучения.

Результаты эксперимента и их обсуждения. В соответствии с задачей настоящей работы экспериментально изучался спектр излучения и возбуждения фундаментальных

коротковолновых полос излучения кристалла K_2SO_4 в широкой спектральной области $5 \div 12$ эВ при 15 К и 300 К.

На рисунке 1 представлен спектр излучения прессованного порошка K_2SO_4 с чистотой 99,99% при 15 К возбужденного фотонами с энергией 7,75 эВ (кривая 1), 7,3 эВ (кривая 2) и 6,2 эВ при 300 К (кривая 3). Из рисунка 1 видно (кривые 1-3), что появляются основные коротковолновые полосы излучения при 4,0-4,2 эВ, 3,7-3,8 эВ, 3,64 эВ, а также длинноволновые полосы излучения при 3,0-3,1 эВ, 2,6-2,7 эВ. Наблюдались все полосы излучения, которые проявлялись в наших предыдущих работах [3,4] для $LiKSO_4$ и $CaSO_4$.

На этом же рисунке 1 представлен спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$, возбужденного фотонами с энергией 7,75 эВ (кривая 4), 7,3 эВ (кривая 5) при 15 К и 5,64 эВ при 300 К (кривая 6).

Из рисунка 1 видно, что в кристалле K_2SO_4 с примесью Tl^+ появляется элементарная полоса излучения Гауссовой формы с максимумом 4,2-4,25 эВ (кривые 4, 5, 6). Полоса излучения относится к внутрицентровому излучению Tl^+ в K_2SO_4 .

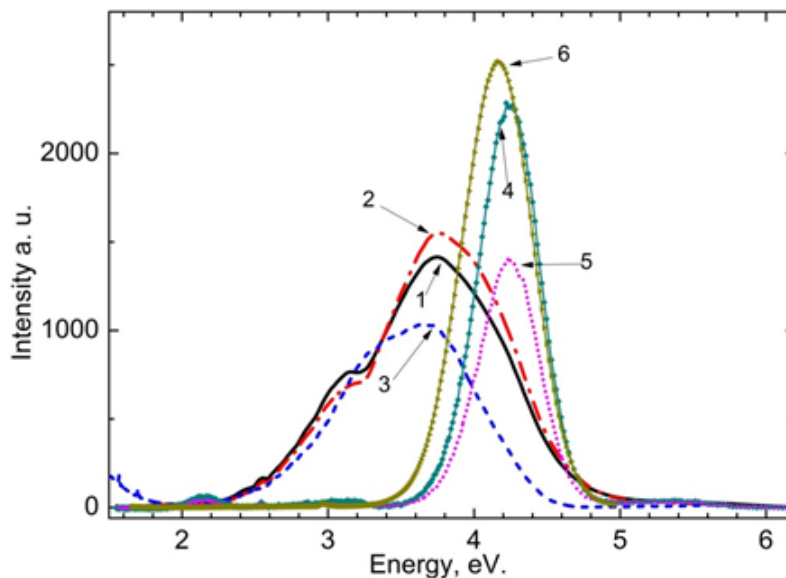


Рисунок 1 – Спектр излучения порошка K_2SO_4 (99,99%) возбужденного фотонами с энергией: 1) 7,75 эВ при 15 К; 2) 7,3 эВ при 15 К; 3) 6,2 эВ при 300 К; для кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$, возбужденного фотонами с энергией 4) 7,75 эВ при 15 К; 5) 7,3 эВ при 15 К; 6) 5,64 эВ при 300 К

На рисунке 2 представлен спектр возбуждения для полос излучения чистого K_2SO_4 (порошок 1, 2 и 3) и кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ (4, 5 и 6). Из рисунка 2 (кривые 1 и 2) видно, что широкие полосы излучения с максимумами от 3,64 эВ до 4,0-4,2 эВ возбуждаются при энергиях фотонов 7,5-7,6 эВ. Длинноволновая полоса излучения 3,0-3,1 эВ возбуждается в основном высокоэнергетическими фотонами с энергией $10,5 \div 12$ эВ (3). На этом же рисунке 2 (кривые 4, 5) представлен спектр возбуждения полосы излучения при 4,2-4,25 эВ для $K_2SO_4 - Tl^+$. Из рисунка видно, что излучения в основном возбуждаются в узком интервале энергии фотонов 5,7-5,8 эВ. Здесь же показан спектр возбуждения для полосы излучения при 4,2 эВ (рисунок 1, кривая 6) для K_2SO_4 , измеренного при 300 К. Видно, что эта полоса тоже возбуждается в узком интервале энергии при 5,7-5,8 эВ (рисунок 2, кривая 6). Таким образом, элементарным полосам излучения 4,2-4,25 эВ $K_2SO_4 - Tl^+$ соответствует полоса возбуждения 5,7-5,8 эВ. Аналогичные результаты получены в работах авторов [11-13] для кристалла $K_2SO_4 - Tl$.

На рисунке 3 представлен спектр излучения порошка K_2SO_4 (99,99%) при возбуждении фотонами с энергией 10,3 эВ (кривая 1) и 12,3 эВ (кривая 2) при температуре 15 К. Из рисунка видно, что появляются почти все коротковолновые излучения с максимумами 5,0-5,5 эВ, 4,0-4,3 эВ, 3,7-3,8 эВ и 3,64 эВ, а также длинноволновые полосы излучения 3,0-3,1 эВ, 2,7-2,8 эВ и 2,3-2,5 эВ. На этом же рисунке 3 представлен спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ при возбуждении фотонами с энергией 10,3 эВ (кривая 4) и 12,3 эВ (кривая 3) при 15 К. Из

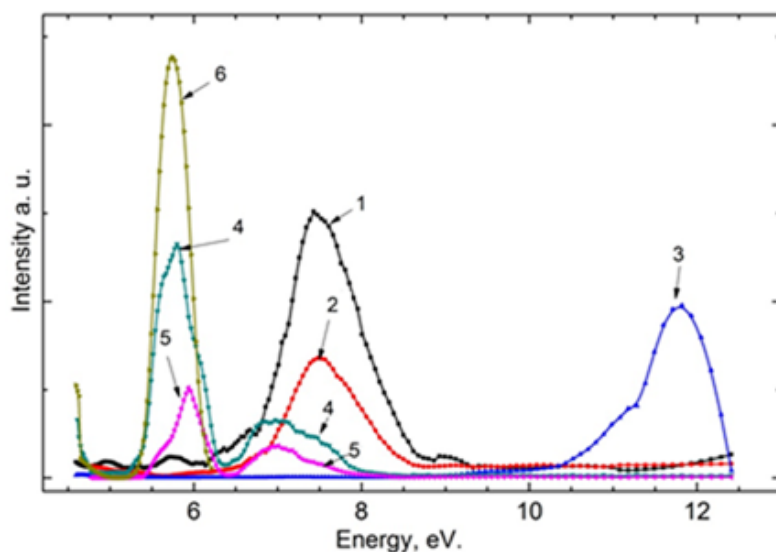


Рисунок 2 – Спектр возбуждения порошка K_2SO_4 (99,99%): 1) 4,1 эВ при 15К; 2) 4,2 эВ при 15К; 3) 3,1 эВ при 15К. Спектр возбуждения кристалла $K_2SO_4 - Mn$ при возбуждении фотонами с энергией 4) 4,1 эВ при 300 К; 5) 4,2 эВ при 15К; 6) 4,2 эВ при 300 К

рисунка 3 видно, что появляются все коротковолновые полосы излучения от 5,5 эВ до 3,64 эВ. По сравнению с чистым кристаллом K_2SO_4 интенсивность коротковолновых полос излучения в $K_2SO_4 - Tl^+$ увеличивается в два раза.

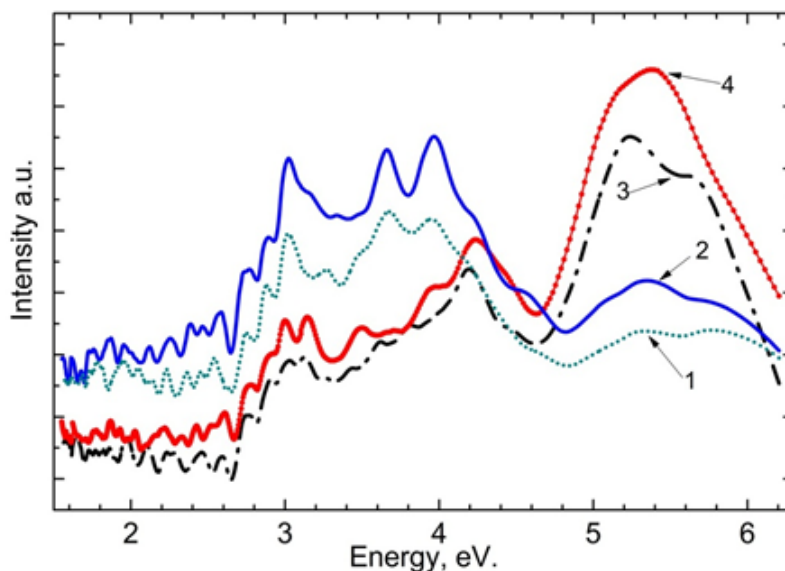


Рисунок 3 – Спектр излучения порошка K_2SO_4 (99,99%) при 15 К: при возбуждении фотонами с энергией: 1) 10,3 эВ; 2) 12,3 эВ. Спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ при 15 К: при возбуждении фотонами с энергией: 3) 12,3 эВ; 4) 10,3 эВ

На рисунке 4 представлен спектр возбуждения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ и чистого порошка K_2SO_4 для коротковолновых полос излучений. Из рисунка 4 видно, что коротковолновые полосы излучения чистого порошка K_2SO_4 при 5,17 эВ (кривая 4) и 5,0 эВ (кривая 5) возбуждаются при энергиях фотонов от 6,2 эВ до 7,5 эВ и 8,5 ÷ 11 эВ. Аналогичные коротковолновые полосы излучения для кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ при 5,0 эВ (кривая 3), 5,17 эВ (кривая 1), 5,4 эВ (кривая 2) возбуждаются при энергиях фотонов от 6,2 ÷ 7 эВ и от 8 эВ до 11 эВ. Таким образом, коротковолновые полосы излучения от 5,0 до 5,5 эВ возбуждаются в

двух энергетических интервалах низкоэнергетическими ($6,2 \div 7$ эВ) и высокоэнергетическими ($8,5 \div 11$ эВ) фотонами.

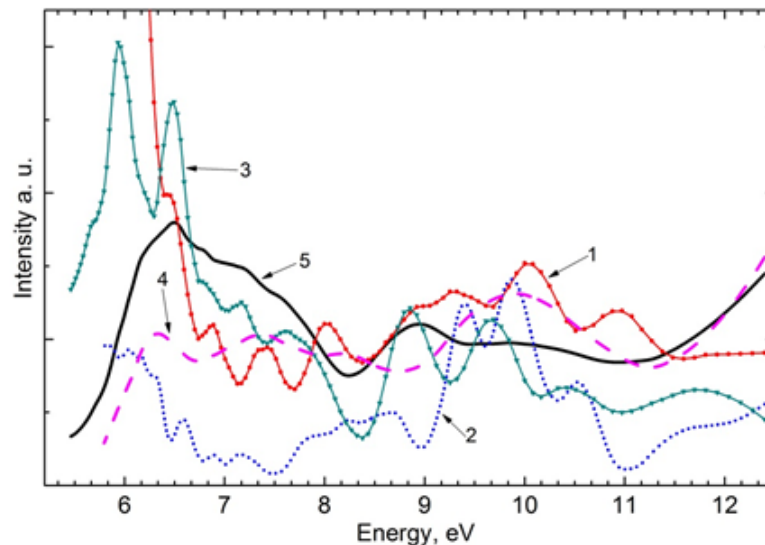


Рисунок 4 – Спектры возбуждения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ при 15 К: при возбуждении фотонами с энергией: 1) 5,17 эВ; 2) 5,4 эВ; 3) 5,0 эВ. Спектр возбуждения порошка K_2SO_4 (99,99%) при 15 К: при возбуждении фотонами с энергией: 4) 5,17 эВ; 5) 5,0 эВ

На рисунке 5 представлен спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ при 80 К. Из рисунка 5 (кривая 1) видно, что появляется полоса излучения при 4,2 эВ, при возбуждении фотонами с энергией 5,64 эВ и $6,2 \div 7,75$ эВ при 80 К. На следующем этапе кристалл $K_2SO_4 - Tl^+$ облучался рентгеновским излучением при 80 К. После прекращения облучения измерялся спектр излучения при возбуждении фотонами с энергией 5,64 эВ. При этом интенсивность полосы излучения при 4,2 эВ уменьшается на 30%, но положение полосы излучения остался прежним (рисунок 5, кривая 2) 4,2 эВ. Изучалась природа наведенных центров захвата в $K_2SO_4 - Tl^+$. Облученный кристалл возбуждался фотонами с энергией 4,77 эВ при 80 К. Из рисунка 5 (кривая 3) видно, что наблюдается появление слабых полос излучений в области 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ. Дальнейшее рентгеновское облучение при 80 К в течение 5 минут в кристалле $K_2SO_4 - Tl^+$ приводит к увеличению наведенных полос излучений при 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ (кривая 4).

На рисунке 5 приводится спектр возбуждения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ до и после облучения рентгеновскими лучами при 80 К. На рисунке 5 (кривая 6) приводится спектр возбуждения для излучения 4,2 эВ до облучения рентгеновскими лучами. Видно, что излучение 4,2 эВ возбуждается фотонами с энергиями 5,9 эВ и 5,64 эВ при 80 К. Эта же полоса излучения 4,2 эВ после облучения рентгеновскими лучами возбуждается при энергиях фотонов 5,9 эВ и 5,64 эВ. Видно, что интенсивность возбуждения уменьшается в два раза после облучения рентгеновскими лучами (рисунок 5, кривая 7). На рисунке 5 (кривая 5) представлен спектр возбуждения наведенной широкой полосы излучения 2,9-3,35 эВ.

Наведенная полоса излучения при 2,9-3,25 эВ возбуждается при энергиях фотонов 4,77 эВ и 3,87 эВ при 80 К (кривая 5). Таким образом, после облучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ образуются центры захвата, которые возбуждаются при энергиях фотонов 4,77 эВ и 3,87 эВ при 80 К. Для определения природы центров захвата мы изучали температурную зависимость полосы излучения 2,9-3,35 эВ.

На рисунке 6 (кривая 1) представлен спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ после рентгеновского облучения в течение 5 минут при 80 К. Из рисунка 6 (кривая 1) видно, что появляются полосы излучения 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ при возбуждении фотонами с энергией 4,77 эВ при 80 К. На следующем этапе постепенно отжигались наведенные центры захвата с увеличением температуры от 80 К. При каждой температуре отжига наблюдали интенсивность

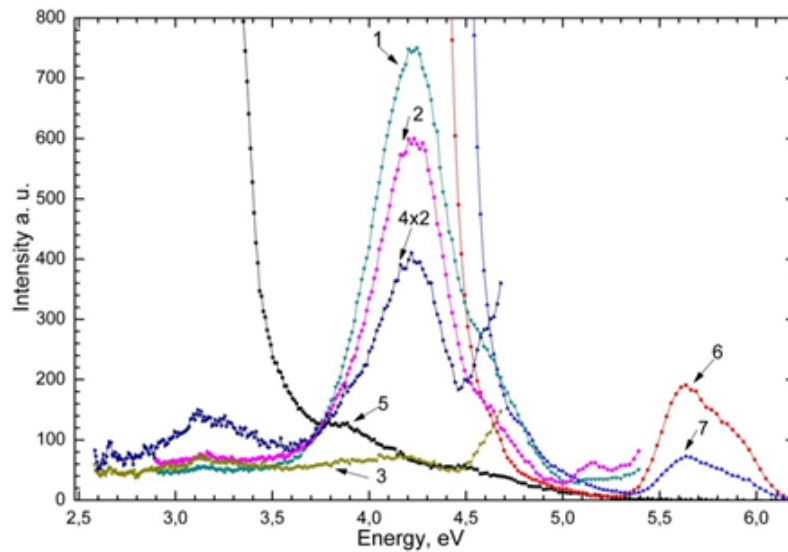


Рисунок 5 – Спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ до и после облучения рентгеновскими лучами при 80 К; при возбуждении фотонами: 1) 5,64 эВ до облучения; 2) 5,64 эВ после облучения; 3) 4,77 эВ после облучения; 4) 4,77 эВ после дополнительного облучения в течение 5 минут. Спектр возбуждения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ до и после облучения рентгеновскими лучами при 80 К для полос излучений: 5) 2,9-3,35 эВ после облучения; 6) 4,2 эВ до облучения; 7) 4,2 эВ после облучения

полос излучений 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ, при возбуждении фотонами с энергией 4,77 эВ. При температуре отжига 215 К (кривая 2), 255 К (кривая 3) основная полоса излучения при 4,2 эВ при возбуждении фотонами 4,77 эВ постепенно увеличивается, а полоса излучения 2,9-3,35 эВ постепенно отжигается. При температуре 290 К интенсивность основной полосы излучения 4,2 эВ увеличивается на порядок, затем постепенно уменьшается при 320 К (кривая 4) и при 440 К (кривая 5). Полоса излучения 2,9-3,35 эВ полностью отжигается. Полоса 4,2 эВ при возбуждении фотонами с энергией 4,77 эВ появлялась после рекомбинационных процессов во время последовательных отжигов.

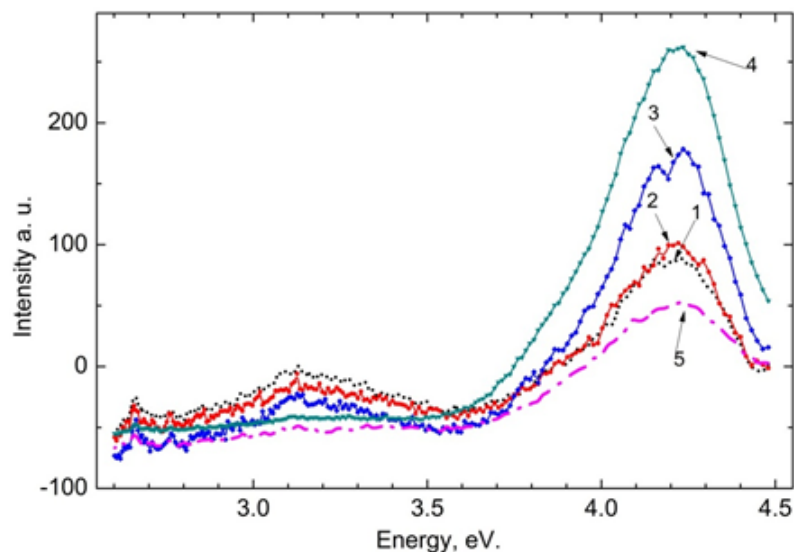


Рисунок 6 – Спектр излучения кристалла $K_2SO_4 - Tl^+$ после рентгеновского облучения в течение 5 мин. 1) при возбуждении фотонами с энергией 4,77 эВ после отжигов; 2) 215 К; 3) 255 К; 4) 320 К; 5) 440 К

Обсуждение. На сегодняшний день спектры фундаментального излучения кристалла K_2SO_4 при возбуждении в широком интервале энергии фотонов $5 \div 11$ эВ мало изучены.

Не было однозначного ответа на вопрос о природе группы близких полос излучения от 5,5 эВ до 3,64 эВ. Из полученных экспериментальных результатов следует, что основные коротковолновые полосы возбуждаются в трех спектральных интервалах - от 5,5 эВ до 6,5 эВ; от 7 до 8 эВ; от 9,5 до 12,0 эВ - с разной эффективностью.

Коротковолновые полосы излучения от 4,5 эВ до 5,5 эВ эффективно возбуждаются при энергиях фотонов от 9,5 до 12,0 эВ, менее эффективно возбуждаются в двух других спектральных интервалах. Полосы излучения от 4,2-4,3 эВ до 3,64 эВ и длинноволновые полосы излучения 3,1 ÷ 2,2 эВ эффективно возбуждаются в интервалах энергии фотонов от 5,5 эВ до 8 эВ. В наших предыдущих работах [4] появление множества коротковолновых полос излучения связывалось со структурными особенностями кристалла CaSO_4 . Авторы работы [5] методом ЭПР показали, что в кристалле CaSO_4 в трех кристаллографических направлениях создаются локализованные SO_4^- радикалы с разной термической стабильностью. Полиэмпирическими расчетами показано, что орбитальная энергия неспаренного электрона, который является основным состоянием радикала SO_4^- , будет намного отличаться в разных кристаллографических направлениях [6]. Таким образом, дыркам SO_4^- с различной термической стабильностью и орбитальной энергией основного состояния должны соответствовать разные локальные состояния над валентной зоной в сульфатах щелочных и щелочноземельных металлов. При рекомбинации электронов из локализованных состояний с такими дырками, отличающимся по основным состояниям, должны возникать разные коротковолновые излучения. В литературе не обсуждается, с какого электронного состояния рекомбинируют электроны с локализованными дырками. Имеются единичные работы [10], выполненные методом ЭПР о возможности захвата электронов анионными комплексами SO_4^{2-} . Таким образом, создаются электронные центры захвата типа SO_4^{3-} . Для обнаружения электронных центров захвата, которые рекомбинируют с локализованными дырками SO_4^- , измерялись спектры возбуждения для всех коротковолновых полос излучения при температурах 15 ÷ 300 К в K_2SO_4 . В наших предварительных измерениях было обнаружено, что в кристалле K_2SO_4 с примесью Mn^{2+} и NO_3^- интенсивность коротковолнового излучения 3,7-3,8 эВ увеличился на 2-3 раза по сравнению с чистыми кристаллами K_2SO_4 [14]. На основе данного эксперимента предполагается, что увеличение интенсивности коротковолнового излучения 3,7-3,8 эВ связано с образованием электронных центров захвата Mn^+ и NO_3^{3-} при локализации электрона на примеси Mn^{2+} и NO_3^- . На основе данного предположения и для выяснения природы коротковолновых полос излучений в широком интервале энергии фотонов 5 ÷ 12 эВ при 15 ÷ 300 К мы проводили сравнительные исследования в кристаллах K_2SO_4 , $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$.

При возбуждении высокоэнергетическими фотонами с энергией 10,3 эВ и 12,3 эВ при 15 К в обоих кристаллах K_2SO_4 и $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$ появляются все коротковолновые излучения 5,5-5,0 эВ, 4,2-4,0 эВ, 3,7-3,8 эВ и 3,64 эВ, а также длинноволновые излучения 3,0-3,1 эВ и др. Необходимо отметить, что в $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$ широкие коротковолновые полосы излучения при 5,5-5,0 эВ интенсивнее, чем аналогичные полосы излучения, возникающие в чистом K_2SO_4 . В обоих кристаллах коротковолновые излучения возбуждаются низкоэнергетическими 6,2 ÷ 7 эВ и высокоэнергетическими (8,5 ÷ 11 эВ) фотонами с различной эффективностью.

Увеличение интенсивности собственного излучения при 4,2 эВ $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$, по сравнению с аналогичными полосами излучения в чистых кристаллах K_2SO_4 , связывались с локализацией электронов в примесях Tl^+ по реакции $\text{Tl}^+ + e^- \rightarrow \text{Tl}^0$. При этом создаются электронные Tl^0 -центры захвата и локализованные дырки SO_4^- . Предполагается, что электрон локализуется на примеси Tl^+ , а дырка SO_4^- захватывается основным состоянием примеси Tl^+ . Спектр возбуждения рекомбинационного излучения при 2,9-3,35 эВ находится при 4,77 эВ и 3,87 эВ. При возбуждении облученного кристалла $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Tl}^+$ фотонами с энергией 4,77 эВ наблюдаются полосы излучения 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ при 80 К. Предполагаем, что появление полосы излучения 4,2 эВ при возбуждении при 4,77 эВ связано с ионизацией Tl^0 -центра. Электрон, созданный в результате ионизации Tl^0 -центра, рекомбинирует с Tl^+ SO_4^- центром и наблюдается излучение 4,2 эВ.

В следующем этапе в облученном рентгеновскими лучами при 80 К кристалле $K_2SO_4 - Tl^+$, где имеются Tl^0 и $Tl^+ SO_4^-$ - центры захвата постепенно отжигали при постоянном возбуждении фотонами с энергией 4,77 эВ. Из рисунка 6 видно, что при отжиге от 80 К до 290 К интенсивность излучения 4,2 эВ постепенно увеличивается (рисунок 6, кривые 2,3). При температуре 290 К интенсивность излучения 4,2 эВ увеличивается приблизительно в 10 раз. При дальнейшем увеличении температур до 440 К интенсивность излучения 4,2 эВ постепенно падает до минимального значения (рисунок 6, кривая 5). Излучение 2,9-3,35 эВ во время отжига постепенно уменьшается до минимального значения (рисунок 6, кривая 5). Полученный результат объясняется следующим образом. Во время отжиганаичная с температуры 215 К, Tl^0 - центры постепенно будут ионизоваться. Освобожденный электрон, рекомбинируя с $Tl^+ SO_4^-$ - центром, и возбуждает Tl^+ - центр. Наблюдаются излучения 4,2 эВ и 2,9-3,35 эВ при распаде комплекса $Tl^+ SO_4^-$. Термический отжиг SO_4^- радикала осуществляется выше температуры 400 ÷ 440 К [5,6]. Подвижный SO_4^- радикал рекомбинирует с оставшимся электронным центром захвата Tl^0 . Таким образом, нами обнаружены электронные Tl^0 и дырочные $Tl^+ SO_4^-$ центры захвата в облученных кристаллах $K_2SO_4 - Tl^+$.

Заключение. Впервые целенаправленно исследована природа рекомбинационной люминесценции, возникающей при рекомбинации электронов с неэквивалентно расположенными дырками при возбуждении кристаллов K_2SO_4 и $K_2SO_4 - Tl^+$ фотонами с энергией от 5 эВ до 12 эВ и рентгеновским излучением при 15 К и 300 К.

- Впервые обнаружены собственные излучения 5,0-5,5 эВ, 4-4,2 эВ, 3,7-3,8 эВ и 3,64 эВ, возникающие при рекомбинации электронов с неэквивалентно расположенными дырками;

- обнаружены электронные Tl^0 и дырочные $Tl^+ SO_4^-$ - центры захвата в облученном рентгеновским излучением кристалле $K_2SO_4 - Tl^+$ при 80 К.

Список литературы

- 1 Plekhanov V.G., Osminin V.S. Reflectance spectra of alkali-metal sulfates at 78degreesk //J. Optics and spectroscopy. - 1975.- Vol. 39. - №3. - P. 604-605.
- 2 Kityk I.V., Yuvshenko V.O. Band energy calculation and optical-constants of K_2SO_4 single-crystals // Physica Status Solidi (b).- 1994. - V.182. - №2. - P. 79-83.
- 3 Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Zh., Daurenbekov D.H., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N. The creation spectra of intrinsic emission of a $LiKSO_4$ crystal irradiated by ultraviolet photons // J. Optik.- 2019.- Vol. 185.- P. 156-160.
- 4 Salikhodzha Zh.M., Nurakhmetov T.N., Akilbekov A.T., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Zh., Sadykova B.M., Daurenbekov D.H., Zhangylysov K.B. Recombination luminescence in $CaSO_4$ // J. Radiation Measurements.- 2019.- Vol.123. - P.19-24.
- 5 Danby R.J., Boas J.F., Calvert R.L., Pilbrow J.R. Electron-spin-resonance of thermoluminescent centers in $CaSO_4$ single-crystals // Journal of Physics C: Solid State Physics.- 1982. - Vol. 15. - №11. - P. 2483-2493.
- 6 Nair S.R., Kondawar V.K., Upadeo S.V., Moharil S.V., Gundurao T.K. Redox reactions, radio-photoluminescence and thermoluminescence in $CaSO_4 : Eu$ // Journal of Physics: Condensed Matter.- 1997. - Vol. 9. - № 39.- P. 8307-8323.
- 7 Shchepanskyi P.A., Stadnyk V.Y., Rudysh M.Y., Brezvin R.S., Andrievskii B.V. Energy band structure and optical properties of $LiNaSO_4$ crystals // J. Optics and spectroscopy.- 2018.- Vol. 125. - № 3.- P.353-357.
- 8 Stadnyk V.Yo., Andrievskii B.V., Karplyuk L.T., Onufriv O.R. Band structure and birefringence of $LiRbSO_4$ crystals // J. Optics and Spectroscopy.- 2016.- Vol. 121. - № 2.- P. 283-288.
- 9 Gaft M.L., Bershov L.V., Krasnaya A.R., Yaskolko V.Ya. Luminescence-centers in anhydrite, barite, celestite and their synthesized analogs // J. Physics and Chemistry of Minerals.- 1985.- Vol.11. - № 6.- P. 255-260.
- 10 Byberg J.R. O- detected by electron-spin-resonance as a primary electron-excess defect in x-irradiated K_2SO_4 // Journal of Chemical Physics.- 1986.- Vol. 84. - № 11.- P. 6083-6085.
- 11 Лущик Н.Е., Мерилло И.А. Кристаллофосфоры с ртутеподобными активаторами и проблема предсказания спектров новых люминофоров // Известия Академии Наук СССР, Серия физическая.- 1966.- Т.XXX. - № 9.- С. 1517-1520.
- 12 Гарифуллина Р.Л., Крутиков В.Ф., Силкин Н.И., Степанов В.Г. Магнитные свойства ионов Tl^{2+} в кристаллах K_2SO_4 // Журнал "Физика твердого тела".- 1971.- Т.14.- С. 618-621.
- 13 Осминин В.С., Плеханов В.Г., Силкин Н.И. Рекомбинационные процессы в сульфате калия с примесью таллия // Журнал прикладной спектроскопии. - 1974.- Том XXI. - № 1.- С. 88-91.

14 14. Нурахметов Т.Н., Кайнарбай А.Ж. Салиходжа Ж. М., Жунусбеков А. М., Кутербеков К. А., Кайнарбай А. Ж., Дауренбеков Д. Х., Жанылысов К. Б., Нурланова М. С., Шульденев С. Природа рекомбинационной люминесценции кристалла K_2SO_4 // Вестник ЕНУ.- 2017.- Т.117. -№ 2. - С.24-2.

Т.Н. Нурахметов¹, Ж.М. Салиходжа¹, М.Ю. Долوماتов², А.М. Жунусбеков¹, А.Ж. Кайнарбай¹, Д.Х. Дауренбеков¹, Б.М. Садыкова¹, К.Б. Жаңылысов¹, Б.Н. Юсупбекова¹

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
² Башқұртстан мемлекеттік университеті, Уфа, Ресей

K_2SO_4 және K_2SO_4 -Тl кристалдарындағы меншікті сәулеленудің пайда болуы мен қармау орталықтарының түзілуі

Аннотация. Бұл жұмыста мақсатты түрде вакуумдық-ультрақұлгін және термоактивациялық спектроскопия әдістерімен меншікті сәулелену жолақтарының спектрлерінің қалыптасуы мен K_2SO_4 пен $K_2SO_4 - Tl^+$ кристалдарындағы электрон-кемтіктік қармау орталықтарының пайда болуы зерттеледі. $15 \div 300$ К температурада $4 \div 12$ эВ фотон энергияларымен қоздырғанда, электрондардың рекомбинациясы кезіндегі эквивалентті емес орналасқан кемтіктермен және электрондық T^0 мен кемтіктік $Tl^+ SO_4^- - K_2SO_4 - Tl^+$ -те қармау орталықтары - 5,5-5,0 эВ, 4,2-4,0 эВ, 3,7-3,8 эВ пен 3,64 эВ меншікті сәулелену жолақтары табылды.

Түйін сөздер: фотон, электрондар, кемтіктон, люминесценция, рекомбинация, тыйым салынған зона, валенттік зона.

T.N. Nurakhmetov¹, Zh.M. Salikhodzha¹, M.Y. Dolomatov², A.M. Zhunusbekov¹, A.Z. Kainarbay¹, D.H. Daurenbekov¹, B.M. Sadykova¹, K.B. Zhangylyssov¹, B.N. Yussupbekova¹.

¹ L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
² Bashkir State University, Ufa, Bashkiria, Russia

The creation of the intrinsic emission spectrum and the formation of capture centers in K_2SO_4 and K_2SO_4 -Tl crystals

Abstract. In this work, the spectrum of creating intrinsic emission bands and the formation of electron-hole trapping centers in K_2SO_4 and $K_2SO_4 - Tl^+$ crystals are purposefully investigated by vacuum-ultraviolet and thermal activation spectroscopy methods. When excited by photons with energies from 4 eV to 12 eV at $15 \div 300$ K, intrinsic emission bands were detected at 5.5- 5.0 eV, 4.2-4.0 eV, 3.7-3.8 eV and 3.64 eV arising from the recombination of electrons with no equivalently located holes and electron T^0 and $Tl^+ SO_4^-$ - hole capture centers in $K_2SO_4 - Tl^+$.

Keywords: photon, electron, hole, luminescence, recombination, band gap, valence band.

References

- 1 Plekhanov V.G., Osminin V.S. Reflectance spectra of alkali-metal sulfates at 78 degreesk, J. Optics and spectroscopy, 39(3), 604-605 (1975).
- 2 Kityk I.V., Yuvshenko V.O. Band energy calculation and optical-constants of K_2SO_4 single-crystals, Physica Status Solidi (b) 182(2), 79-83 (1994).
- 3 Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Zh., Daurenbekov D.H., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N. The creation spectra of intrinsic emission of a $LiKSO_4$ crystal irradiated by ultraviolet photons, J. Optik, 185, 156-160 (2019).
- 4 Salikhodzha Zh.M., Nurakhmetov T.N., Akilbekov A.T., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Zh., Sadykova B.M., Daurenbekov D.H., Zhangylysov K.B. Recombination luminescence in $CaSO_4$, J. Radiation Measurements, 123, 19-24 (2019).
- 5 Danby R.J., Boas J.F., Calvert R.L., Pilbrow J.R. Electron-spin-resonance of thermoluminescent centers in $CaSO_4$ single-crystals, Journal of Physics C: Solid State Physics, 15(11), 2483-2493 (1982).
- 6 Nair S.R., Kondawar V.K., Upadeo S.V., Moharil S.V., Gundurao T.K. Redox reactions, radio-photoluminescence and thermoluminescence in $CaSO_4 : Eu$, Journal of Physics: Condensed Matter, 9(39), 8307-8323 (1997).
- 7 Shchepanskyi P.A., Stadnyk V.Y., Rudysh M.Y., Brezvin R.S., Andrievskii B.V. Energy band structure and optical properties of $LiNaSO_4$ crystals, J. Optics and spectroscopy, 125(3), 353-357 (2018).
- 8 Stadnyk V.Yo., Andrievskii B.V., Karplyuk L.T., Onufriov O.R. Band structure and birefringence of $LiRbSO_4$ crystals, J. Optics and Spectroscopy, 121(2), 283-288 (2016).
- 9 Gaft M.L., Bershov L.V., Krasnaya A.R., Yaskolko V.Ya. Luminescence-centers in anhydrite, barite, celestite and their synthesized analogs, J. Physics and Chemistry of Minerals, 11(6), 255-260 (1985).
- 10 Byberg J.R. O- detected by electron-spin-resonance as a primary electron-excess defect in x-irradiated K_2SO_4 , Journal of Chemical Physics, 84(11), 6083-6085 (1986).
- 11 Lushchik N.Ye., Merillo I.A. Kristallofosfory s rtutepodobnymi aktivatorami i problema predskazaniya spektrov novykh lyuminoforov [Crystallophosphors with mercury-like activators and the problem of predicting the spectra of new phosphors], Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya fizicheskaya, XXX (9), 1517-1520 (1966).
- 12 Garifullina R.L., Krutikov V.F., Silkin N.I., Stepanov V.G. Magnitnyye svoystva izlucheniya Tl^{2+} v kristallakh K_2SO_4 , Zhurnal Fizika tverdogo tela [Magnetic properties of Tl^{2+} in K_2SO_4 crystals], Zhurnal Fizika tverdogo tela [Journal of Solid State Physics], 14, 618-621 (1971).

- 13 Osminin V.S., Plekhanov V.G., Silkin N.I. Rekombinatsionnyye protsessy v sulfate kaliya s prmesyu talliya, Zhurnal Prikladnoy spektroskopii [Recombination processes in potassium sulfate mixed with thallium], Zhurnal Prikladnoy spektroskopii [Journal of Applied Spectroscopy], XXI (1), 88-91 (1974).
- 14 Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Zhunusbekov A.M., Kuterbekov K.A., Kaynarbay A.Zh., Daurenbekov D.K., Zhanylysov K.B., Nurlanova M.S., Shuldenov S. Priroda rekombinatsionnoy lyuminestsentsii kristalla K_2SO_4 , Vestnik ENU im.L.N. Gumileva. Seriya Fizika i astronomiya [The nature of recombination luminescence of the K_2SO_4 crystal], Vestnik ENU im. L.N. Gumileva [Bulletin of ENU], 2 (117), 24-29 (2017).

Сведения об авторах:

Нураخمатов Т.Н. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Салиходжа Ж.М. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Доломатов М.Ю. – доктор химических наук, профессор кафедры физической электроники и нанофизики БГУ, ул. Заки Валиди, 9, Уфа, Россия.

Жунусбеков А.М. - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Кайнарбай А.Ж. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Дауренбеков Д.К. – PhD, старший преподаватель кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Садыкова Б.М. – докторант третьего курса кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Жанылысов К.Б. – докторант второго курса кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Юсупбекова Б.Н. – докторант второго курса кафедры технической физики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Nurakhmetov T.N. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str.,13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Salikhodzha Zh.M. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Dolomatov M.Y. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, department of physical electronics and nanophysics, Bashkir State University, Zaki Validi, str., 9, Ufa, Russia.

Zhunusbekov A.M. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str.,13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Kainarbay A.Zh. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str.,13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Daurenbekov D.H. – PhD, Senior Lecturer, department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Sadykova B.M. – 3rd year PhD student of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str.,13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Zhangylyssov K.B. – 2nd year PhD student of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Yussupbekova B.N. – 2nd year PhD student of the Department of technical physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan, str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

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

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

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

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

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

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

FTAMPK <http://grnti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

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

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

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

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

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

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

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

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

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

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

Әдебиеттер тізімін рәсімдеу мысалдары

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

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

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

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

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

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

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

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

Реквизиты:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

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

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Template

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

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

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

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

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

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

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

Periodicity of the journal: 4 times a year.

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

Реквизиты:

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

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

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

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

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

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

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

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

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

2. В редакцию (в бумажном виде, подписанном всеми авторами и в электронном виде) представляются Tex- и Pdf-файлы работы, подготовленные в издательской системе LaTeX, с обязательным использованием оригинального стилевого файла журнала. Стилиевой файл 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. Рекомендуемые 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 кварцсодержащих 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 гиполипидемическая 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 obluchenija s ispol'zovaniem metoda retrospektivnoj ljuminescentnoj dozimetrii po edinichnym mikrokrystalлам kvarca i zkvarcosoderzhashhiih obrazcov, otobrannyh v prefecture Fukusima, Japonija [An experience of instrumental estimation of cumulative external doses using single grain luminescence retrospective dosimetry method with quartz containing samples from Fukushima prefecture, Japan], Radiacija i risk [Radiation and Risk], 27(3), 79-90 (2018). [in Russian]
- 3 Zhubanysheva A.Zh., AbikenovaSh.K. O normah proizvodnyh funkcionij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh 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 teoriya priblizhenija funkcionij" [International conference on Function Spaces and Approximation Theory dedicated to the 110th anniversary of S. M. Nikol'skii]. Moscow, 2015, pp. 141-142. [in Russian]
- 4 Kurmukov A. A. Angioprotektornaja i 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