

ISSN (Print) 2616-6836
eISSN 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**

№4(133)/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.Қ.	ф.-м.ғ.к., PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Жүмаділов Қ.Ш.	PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Здоровец М.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
Қадыржанов Қ.Қ.	ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Кайнарбай А.Ж.	ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
Козловский А.Л.	PhD, 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)
Попов А.И.	ф.-м.ғ.д., проф., Латвия университеті (Латвия)
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)
Скуратов В.А.	ф.-м.ғ.д., проф., Біріккен ядролық зерттеулер институты (Ресей)
Тлеуқенов 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)
Шункеев Қ.Ш.	ф.-м.ғ.д., проф., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе мемлекеттік университеті (Қазақстан)

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

Журнал менеджері: Г. Мендыбаева

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

Меншіктенуші: "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" Коммерциялық емес акционерлік қоғам

Мерзімділігі: жылына 4 рет. 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)

© Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

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)
Kadyrghanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Kozlovskiy A.L.	PhD, 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)
Popov A.I.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Latvia (Latvia)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., KazNU (Kazakhstan)
Salikhodzha Z. M	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Skuratov V.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Joint Institute for Nuclear Research (Russia)
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)
Shunkeyev K.Sh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Zhubanov University (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

Managing Editor: G. Mendybayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.
PHYSICS. ASTRONOMY Series

Owner: Non-profit joint-stock company "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Periodicity: 4 times a year. 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)
Козловский А.Л.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кутербекоев 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)
Попов А.И.	д.ф.-м.н., проф., Латвийский университет (Латвия)
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)
Скуратов В.А.	д.ф.-м.н., проф., Объединенный институт ядерных исследований (Россия)
Тлеукиенов 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)
Шункеев К.Ш.	д.ф.-м.н., проф., АРГУ имени К. Жубанова (Казахстан)

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

Менеджер журнала: Г. Мендыбаева

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

Собственник: Некоммерческое акционерное общество "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева"

Периодичность: 4 раза в год. 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)

© Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

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

№4(133)/2020

МАЗМҰНЫ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Геостационарлық жерсеріктің орнын анықтау алгоритмінде аппроксимация әдісін қолдану	8
<i>Сәндібаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Молекулалық физикадан жалпы оқыту дағдыларын қалыптастыру	16
<i>Қойлық, Н.О., Бактыбаев Қ.Б., Қаптағай Г.Ә., Айдарбекова А.А., Далелханжызы А.</i> γ - орнықсыз ядролардың фермиондық моделі және күй құрылымы	23
<i>Ашуров А.Е., Әбдірашев Ө.К.</i> Түсіретін аппараттың орбитада қозғалысын моделдеу	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> $K_xCu_{2-x}S$ суперионды қорытпаларының электрлік және жылулық қасиеттері	39
<i>Убаев Ж., Шунжеев К., Мясникова Л., Сагимбаева Ш.</i> Нүктелік және серпімді деформация кезіндегі NaCl матрицасының люминесценциясы	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шажерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Центрлік тартылыс күші өрісінде дене қозғалысын компьютерлік модельдеуі	55
<i>Шағдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> 2017 жылдың 4-10 қыркүйек аралығында CARPET құрылысында тіркелген ғарыштық сәулелердің вариациясы	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алтысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> YAG:Ce керамикасының радиациялық синтезінің тұрақтылығы	66
<i>Биәсігітов Т., Жумадилов Е.</i> Тұрақты температурада VI-мүз модификациясының Юнг, ығысу модульдері мен онда тарайтын ультрадыбыс толқындарының қысымға тәуелділігін зерттеу	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмұтов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> ЕҰУ эксперименттік кешенінің бақылау деректері негізіндегі 2016-2019 жж. ғарыштық сәулелердің вариациялары	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Күшті криптон-оттекті байланысындағы UO_2 -дегі криптон диффузиясы. Молекулалық динамика модельдеуі	86

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

№4(133)/2020

CONTENTS

<i>Ashurov A.E., Kalmanova D.M., Rahimova A.D.</i> Application of the approximation method in the algorithm for determining the position of a geostationary satellite	8
<i>Sandibaeva N.A., Aidarbekova A.A.</i> Formation of general education skills on molecular physics	16
<i>Koilyk N.O., Baktybaev K.B., Kaptagay G., Aidarbekova A.A., Dalelhankyzy A.</i> Fermion dynamical-symmetrical model and the structure of states of the γ - nuclei	23
<i>Ashurov A.E., Abdirashev O.K.</i> Information and metrological support for the complex of robotic devices	33
<i>Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Kubenova M.M., Palymbetov R.Sh., Sakhabaeva S.M., Kabyshiev A.M., Bekmyrza K.Zh., Kulanova K.K.</i> Electrical and thermal properties of $K_xCu_{2-x}S$ superionic alloys	39
<i>Ubayev Zh., Shunkeyev K., Myasnikova L., Sagimbayeva Sh.</i> Luminescence of the NaCl matrix under local and elastic deformation	49
<i>Akhataeva Zh.O., Shakerkhan K.O., Kerimbaev A.O., Mukushev B.A.</i> Computer simulation of body motion under the action of Central attraction	55
<i>Shagdar N.M., Morzabaev A.K.</i> Observations of cosmic ray variations by the CARPET detector during the period from 4 to 10 September, 2017	61
<i>Karipbayev Zh., Alpyssova G., Lisitsyn V., Mussakhanov D.</i> Stability of radiation synthesis of YAG:Ce ceramics	66
<i>Bizhigitov T., Zhumadilov E.</i> Study dependence of Young's, shear modulus and ultrasonic waves propagation of the vi ice modification to the pressure at a constant temperature	73
<i>Tulekov Ye., Morzabaev A.K., Makhmutov V.S., Yerkhov V.I., Philippov M.V.</i> Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex	79
<i>Seitov D.D., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya.</i> Krypton Diffusion in UO_2 Assuming a Strong Bonding Krypton-Oxygen. A Molecular Dynamics Simulation	86

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

№4(133)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Применение метода аппроксимации в алгоритме определения положения геостационарного спутника	8
<i>Сандибаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Формирование общеобразовательных умений по молекулярной физике	16
<i>Койлык Н.О., Бактыбаев К.Б., Каптагай Г.А., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> Фермионная модель и структура состояний γ -нестабильных ядер	23
<i>Ашуров А.Е., Абдирашев О.К.</i> Моделирование движения спускаемого аппарата на орбите	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> Электрические и тепловые свойства суперионных сплавов $K_xCu_{2-x}S$	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сагимбаева Ш.</i> Люминесценция матрицы NaCl при локальной и упругой деформации	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мужушев Б.А.</i> Компьютерное моделирование движения тела под действием центрального притяжения	55
<i>Шагдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> Вариация космических лучей, зарегистрированная на установке CARPET в период с 4 по 10 сентября 2017 года	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алтысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> Стабильность радиационного синтеза ИАГ:Се керамики	66
<i>Бижигитов Т., Жумадилов Е.</i> Исследование зависимости модуля Юнга, модуля сдвига и распространяющихся в нем ультразвуковых волн VI модификации льда от давления при постоянной температуре	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махматов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> Вариации космических лучей в период 2016-2019 гг. по данным наблюдений экспериментального комплекса ЕНУ	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Диффузия криптона в UO_2 в предположении сильной связи криптон-кислород. Молекулярно – динамическое моделирование	86

МРНТИ: 29.19.04

Ж.Т. Карипбаев^{1,2}, Г.К. Алпысова¹, В.М. Лисицын², Д.А. Мусаханов^{1,2}

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

² Томский политехнический университет, Томск, Россия

(E-mail: zf1@mail.ru, gulnur-0909@mail.ru, lisitsyn@tpu.ru, dos_f@mail.ru)

Стабильность радиационного синтеза ИАГ:Се керамики¹

Аннотация: радиационный синтез является принципиально новым, перспективным для широкого использования методом получения керамики, люминофоров на основе YAG:Ce. В настоящей работе приведены результаты исследований повторяемости люминесцентных характеристик образцов керамики, синтезированных в ряде последовательных экспериментов. Спектры люминесценции были измерены с помощью спектрофотометра Avantes AvaSpec-2048L. Полученные люминесцентные характеристики сравнивались с характеристиками коммерческих люминофоров, синтезированных традиционными методами. Показано, что разброс спектральных характеристик (положения и полуширины полос) в образцах одной серии не превышает 1.5%. На наш взгляд, использованный метод синтеза можно рассматривать как перспективный метод получения высокопрочной многокомпонентной оксидной керамики.

Ключевые слова: белые светодиоды, иттрий-алюминиевый гранат, люминофор, керамика, синтез в поле радиации, люминесценция.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-133-4-66-72>

Поступила: 08.12.2020/ Допущена к опубликованию: 20.12.2020

Введение. В настоящее время представляется интересным новый подход к синтезу тугоплавких оксидных материалов с использованием радиационных технологий. В [1-2] показано, что YAG:Ce керамика может быть синтезирована из смеси оксидов металлов путем прямого воздействия на шихту мощного потока высокоэнергетических электронов. Радиационный метод синтеза люминесцирующей керамики был использован впервые. Поэтому необходимо выяснить, насколько результат синтеза изменяется в серии последовательных экспериментов. В [3] показано, что люминесцентные свойства YAG:Ce керамики люминофоров, керамики зависят от предыстории материалов. Дело в том, что синтез материалов заключается в формировании YAG:Ce структур из набора прекурсоров, отличающихся низкой реакционной способностью. При использовании твердотельных реакций нужны высокие температуры не ниже 1600 - 1800 °С. Для снижения температуры синтеза твердотельные реакции преобразуют в жидкофазные. Для обеспечения хорошего перемешивания исходного состава используют приемы, обеспечивающие однородность взаимного распределения компонентов на этапе формирования шихты [4-5]. Для нагревания при синтезе предлагается использовать хорошо управляемые способы лазерного воздействия [6-11]. Тем не менее сложные режимы синтеза в экстремальных термических условиях не обеспечивают достаточно хорошей воспроизводимости люминесцентных свойств люминофоров. Поэтому продолжают работы по совершенствованию существующих, разработке новых технологий синтеза.

Образцы и методика исследования. Для синтеза готовилась шихта из смеси порошков оксидов Al₂O₃, Y₂O₃, Gd₂O₃ и Ce₂O₃ марок ХЧ. Соотношение оксидов в шихте соответствовало стехиометрическому. Частицы порошков оксидов имели размеры около 1 мкм и меньше. Шихта засыпалась в массивный медный тигель слоем толщиной 6 мм. На тигель с шихтой направлялся поток электронов с энергией 1,4 МэВ от ускорителя ЭЛВ-6 с плотностью мощности 23 КВт/см². Сечение пучка гауссовской формы на полувысоте составляло 0,6 см².

¹Работа выполнена в рамках гранта AP08052050 Министерства образования и науки Республики Казахстан

Пучок сканировал по поверхности тигля со скоростью 1см/с. Обработка всей поверхности шихты в тигле составляла 36 с. В результате обработки в тигле формировалась серия образцов керамики в виде капель с размерами до 4.0x2.0x0.5 см с твердой оболочкой и пористых внутри. Вид образцов показан на рис. 1. Образцы имели высокую твердость, близкую к твердости сапфира. Образцы YAG:Ce керамики имели характерный для YAG:Ce люминофоров светло-желтый цвет и YAGG:Ce – темно-желтый.



Рисунок 1 - Фотография образцов YAG:Ce керамики

Для исследований были синтезированы 4 серии образцов, различающихся исходным составом (таблица 1). Серии образцов различались концентрациями введенных в шихту в качестве активатора Ce и модификатора Gd, 35 и 37 - образцы без гадолиния, 36 и 38 - образцы с гадолинием.

Таблица 1 – Состав шихты для синтеза образцов

№	Состав
35	Al_2O_3 (42,1%) + Y_2O_3 (55,9%) + Ce_2O_3 (2%)
36	Al_2O_3 (41,3%) + Y_2O_3 (54,7%) + Ce_2O_3 (4%)
37	Al_2O_3 (39,5%) + Y_2O_3 (52,5%) + Ce_2O_3 (2%) + Gd_2O_3 (6%)
38	Al_2O_3 (38,7%) + Y_2O_3 (51,3%) + Ce_2O_3 (4%) + Gd_2O_3 (6%)

При синтезе получалась серия образцов, как это показано на рис. 1. Каждому образцу присваивался индивидуальный номер. Далее в тексте каждый образец обозначен номером 35-1, 35-2 и т.д. После синтеза образцы измельчались механическим способом, помещались в прозрачные пакеты.

Люминесцентные свойства образцов. Были проведены исследования наиболее существенных для люминесцирующих материалов люминесцентных свойств: спектров люминесценции. Спектры люминесценции были измерены с помощью спектрофотометра Avantes AvaSpec-2048L при возбуждении излучением чипа с $\lambda_{em} = 450$ нм. Спектры каждого образца измерялись 10 раз, определялась погрешность измерения положения и полуширины полосы в области 530 нм. Пример измерений спектров люминесценции образцов серий 35-38 показан на рис.2.

Приведенные спектры нормированы по интенсивности. Как видно, форма полосы мало изменяется при многократном измерении люминесценции образцов одной серии. С целью выявления отличий в характеристиках спектров люминесценции измерения каждого образца

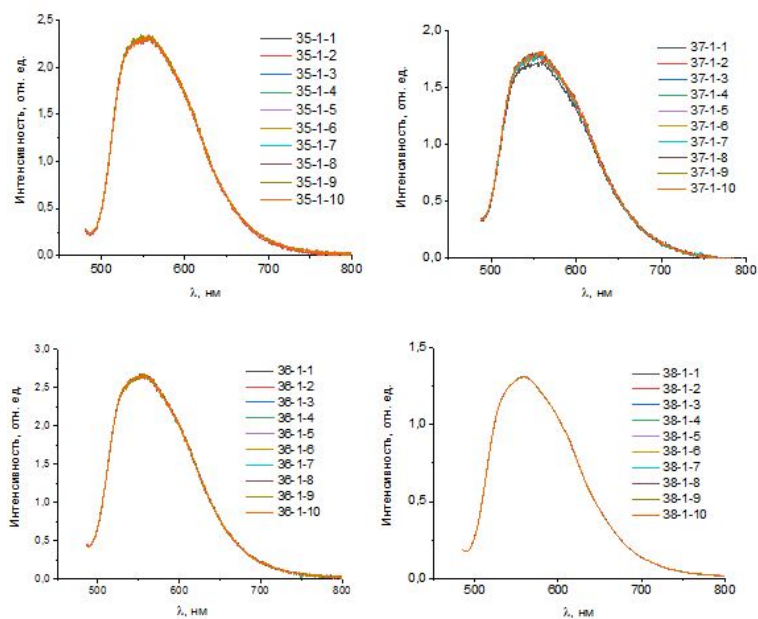
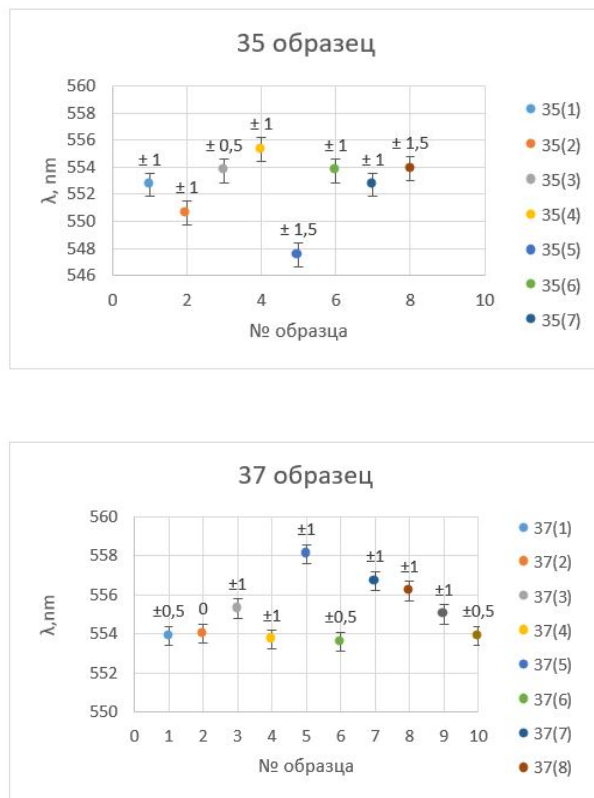


Рисунок 2 - Спектры люминесценции образцов серий 35-38 при возбуждении излучением чипа на 450 нм. Последняя цифра – номер измерения

проводились 10 раз. Определялись средние значения и погрешность измерений для каждого образца.

Для наглядного представления на рис.3 приведены все результаты измерений положения полос люминесценции образцов серии 35-38. Как видно, для 10 измерений любого образца результаты измерений различаются меньше, чем для разных образцов этой серии.



Такие же измерения и обработка были проведены при определении полуширин полос люминесценции всех образцов 4-х серий. Проведенные исследования показали, что при синтезе серии образцов в одном тигле при постоянных режимах наблюдается различие

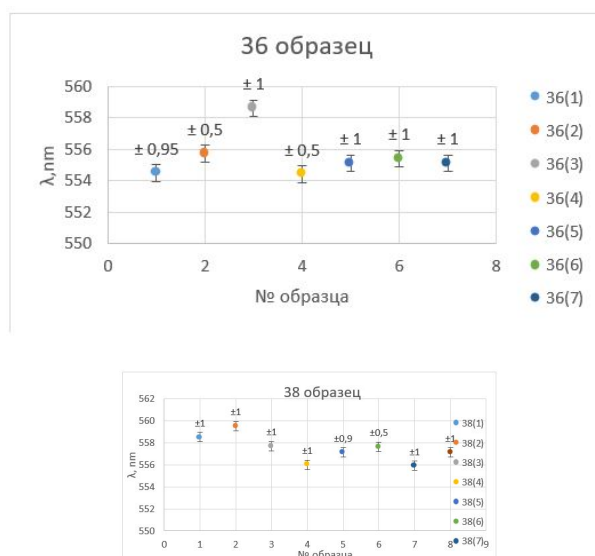


Рисунок 3 - Диаграммы положений полос люминесценции в образцах 35-38 серии для 10 измерений каждого образца

характеристик спектров люминесценции в образцах этой серии. Это различие невелико, не превышает 1,5 нм для положений полос и 0,008 эВ для полуширин. Тем не менее это необходимо учитывать при решении проблемы воспроизводимости результатов синтеза. В табл. 2 приведены для примера результаты измерений положения и полуширины полос люминесценции с указанием погрешности измерений каждого конкретного образца серии 35-38 и промышленных люминофоров SDL 3500, SDL 4000.

Таблица 2 – Значения положений и полуширин полос

Наименование образца	λ_m , нм	ΔE , эВ	Наименование образца	λ_m , нм	ΔE , эВ
ИАГ					
35-1	$552,7 \pm 1,0$	$0,44 \pm 0,008$	36-1	$555,4 \pm 0,95$	$0,448 \pm 0,002$
35-2	$550,6 \pm 1,0$	$0,46 \pm 0,0005$	36-2	$555,7 \pm 0,5$	$0,439 \pm 0,0015$
35-3	$553,7 \pm 0,5$	$0,447 \pm 0,0025$	36-3	$558,6 \pm 1,0$	$0,421 \pm 0,0035$
35-4	$555,3 \pm 1,0$	$0,442 \pm 0,004$	36-4	$554,4 \pm 0,5$	$0,46 \pm 0,0035$
35-5	$547,5 \pm 1,5$	$0,446 \pm 0,004$	36-5	$555,1 \pm 1,0$	$0,447 \pm 0,004$
35-6	$553,7 \pm 1,0$	$0,466 \pm 0,0025$	36-6	$555,4 \pm 1,0$	$0,447 \pm 0,006$
35-7	$552,7 \pm 1,0$	$0,462 \pm 0$	36-7	$555,1 \pm 1,0$	$0,447 \pm 0,0035$
35-8	$553,9 \pm 1,5$	$0,437 \pm 0,0015$			
ИАГГ					
37-1	$553,9 \pm 0,5$	$0,458 \pm 0,004$	38-1	$558,5 \pm 1,0$	$0,452 \pm 0,0015$
37-2	554 ± 0	$0,456 \pm 0,0015$	38-2	$559,5 \pm 1,0$	$0,453 \pm 0,0025$
37-3	$555,3 \pm 1,0$	$0,461 \pm 0,0035$	38-3	$557,7 \pm 1,0$	$0,443 \pm 0,007$
37-4	$553,7 \pm 1,0$	$0,457 \pm 0,0015$	38-4	$556 \pm 1,0$	$0,457 \pm 0,0015$
37-5	$558,1 \pm 1,0$	$0,47 \pm 0,0055$	38-5	$557,1 \pm 0,9$	$0,454 \pm 0,004$
37-6	$553,6 \pm 0,5$	$0,458 \pm 0,0025$	38-6	$557,6 \pm 0,5$	$0,446 \pm 0,004$
37-7	$556,7 \pm 1,0$	$0,452 \pm 0,0035$	38-7	$555,9 \pm 1,0$	$0,468 \pm 0,0015$
37-8	$556,2 \pm 1,0$	$0,456 \pm 0,0015$	38-8	$557,1 \pm 1,0$	$0,452 \pm 0,002$
37-9	$555 \pm 1,0$	$0,46 \pm 0,004$			
37-10	$553,9 \pm 0,5$	$0,466 \pm 0,0025$			
Промышленные люминофоры					
SDL 3500	$561 \pm 1,0$	$0,440 \pm 0,001$	SDL 4000	$560 \pm 0,5$	$0,446 \pm 0$

Заклучение. Выполненные исследования показали, что имеют место различия в люминесцентных характеристиках образцов одной серии, превышающие погрешность измерений. Отличия в характеристиках люминесценции различны в образцах разных серий, но не превышают 1.5 нм для положений полос и 0,008 эВ для полуширин. Причинами отличий характеристик разных серий могут быть следующие: неоднородность состава шихты, получаемой при смешивании, или изменение температуры тигля при сканировании.

Список литературы

- 1 Mussakhanov D.A., Tulegenova A.T., Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Lisitsyna L.A., Abdullin Kh.A., Aitzhanov M.B., Karipbayev Zh., Kozlovsky A. and Michailov Yu.I. Structural and luminescent characteristics of YAG phosphors synthesized in the radiation field // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - № 510. - P. 012031.
- 2 Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Musakhanov D.A., Tulegenova A.T., Abdullin K.A., Aitzhanov M.B. YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Т. 1115. - № 1. - P. 052007.
- 3 Jian Xu, Baofu Hu, Xu Ch., Jian Wang, Bingguo Liu, Hui Li, Xinliang Wang, Baoli Du, Yuxuan Gong Carbon-free synthesis and luminescence saturation in a thick YAG:Ce film for laser-driven white lighting // Journal of the European Ceramic Society. – 2019. - № 39.- P. 631–634.
- 4 Abdullin Kh. A., Kemel'bekova A. E., Lisitsyn V.M., Mukhamedshina D., Nemkayeva R., Tulegenova A., Aerosol Synthesis of Highly Dispersed $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ Phosphor with Intense Photoluminescence // Physics of the Solid State. – 2019. – Т. 61. - № 10. - P. 1840-1845.
- 5 Oliveira T.C., Silva M.S., Jesus L.M., Sampaio D.V., Santos J.C.A., Souza N.R.S., R.S. Silva Laser sintering and radioluminescence emission of pure and doped Y_2O_3 ceramics // Ceramics International. – 2014. – Т. 40. - № 10, Part B. - P. 16209-16212.
- 6 Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Musakhanov D.A., Tulegenova A.T., Abdullin K.A., Aitzhanov M.B. YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. - Т. 1115. - № 1. - P. 052007.
- 7 Karipbayev Zh., Mussakhanov D., Lisitsyn V., Alpysova G., Golkovskii M., Lisitsyna L., Tulegenova A., Akylbekov A., Dauletbekova A., Balabekov K., Kozlovskii A., Usseinov A. Synthesis, the study of the structure of YAG and YAGG phosphors in the radiation field // Вестник Карагандинского университета Серия «Физика». – 2019. – Т. 96. - № 4. - С. 24-29.
- 8 Karipbayev Zh., Alpysova G., Mussakhanov D., Lisitsyn V., Kukenova A., Tulegenova A. Time-resolved luminescence excited with N2 laser of YAG:Ce ceramics formed by electron beam assisted synthesis // Eurasian Physical Technical Journal. – 2020. - Vol.17. – Т. 33. - №.1. - P. 73-76.
- 9 Karipbayev Zh.T., Lisitsyn V.M., Mussakhanov D.A., Alpysova G.K., Popov A.I., Polisdova E.F., Elsts E., Akilbekov A.T., Kukenova A.B., Kemere M., Sarakovskis A., Lushchik A. Time-resolved luminescence of YAG:Ce and YAGG:Ce ceramics prepared by electron beam assisted synthesis // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms,. – 2020. – № 479. - P. 222-228.
- 10 Карипбаев Ж.Т., Мусаханов Д.А., Лисицын В.М., Алпысова Г.К., Кукунова А., Усеинов А.Б., Абдрахметова А.А., Байжуманов М.Ж. Импульсная фотолюминесценция синтезированных в поле радиации люминофоров на основе YAG:Ce // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Физика. Астрономия. – 2020. - Том 132. - № 3. - С.74-80.
- 11 Alpysova G., Mussakhanov D., Karipbayev Zh., Grechkina T., Shiming Zheng, Kukenova A Luminescence spectra of YAG:Ce phosphors synthesized in a field of radiation // HTRA-2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2020. - № 754. – P. 012014.

Ж.Т. Карипбаев^{1,2}, Г.К. Алпысова¹, В.М. Лисицын², Д.А. Мусаханов^{1,2}

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

² Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей

YAG:Ce керамикасының радиациялық синтезінің тұрақтылығы

Аннотация. Керамиканы кеңінен қолдану үшін синтездеу әдістерінің ішінде YAG:Ce негізіндегі люминофорларды радиациялық синтездеу әдісі түбегейлі жаңа перспективті әдісі болып саналады. Бұл жұмыста бірнеше қатарынан синтезделген керамикалардың люминесценттік сипаттамасының қайталануының зерттелу нәтижелері көрсетілген. Люминесценция спектрлері Avantes AvaSpec-2048L спектрофотометрі арқылы өлшенген. Алынған люминесценттік сипаттамаларын дәстүрлі әдістермен синтезделген коммерциялық люминофорлармен салыстырылды. Бір сериядағы спектрлердің сипаттамаларының (жолақтардың жартылай ені мен орны) ауытқулары 1,5%-дан аспайды. Біздің ойымызша, қолданылған синтез әдісін болашақта жоғары берік көпкомпонентті оксидті керамика өнімін алуға қолданылатын әдіс ретінде қарастыруға болады.

Түйін сөздер: ақ жарық диодтары, итрий-алюминий гранат, люминофор, керамика, радиация өрісіндегі синтез, люминесценция.

Zh. Karipbayev^{1,2}, G. Alpysova¹, V. Lisitsyn², D. Mussakhanov^{1,2}

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

² Tomsk Politechnic University, Tomsk, Russia

Stability of radiation synthesis of YAG:Ce ceramics

Abstract. Radiation synthesis is a fundamentally new, promising for widespread use method for the production of ceramics, phosphors based on YAG: Ce. This work presents the results of studies of the repeatability of the luminescence characteristics of ceramic samples synthesized in a number of successive experiments. Luminescence spectra were measured using an AvaSpec-2048L spectrophotometer. The obtained luminescence characteristics were compared with the characteristics of commercial phosphors synthesized by traditional methods. It is shown that the scatter of spectral characteristics (positions and half-widths of bands) in samples of one series does not exceed 1.5%. In our opinion, the used synthesis method can be considered as a promising method for obtaining high-strength multicomponent oxide ceramics.

Keywords: white LEDs, yttrium-aluminum garnet, phosphor, ceramics, synthesis in the radiation field, luminescence.

References

- 1 Mussakhanov D. A., Tulegenova A. T., Lisitsyn V. M., Golkovsky M. G., Lisitsyna L. A., Abdullin Kh. A., Aitzhanov M. B., Karipbayev Zh., Kozlovsky A. and Michailov Yu I. Structural and luminescent characteristics of YAG phosphors synthesized in the radiation field, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 510, 012031 (2019).
- 2 Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Musakhanov D.A., Tulegenova A.T., Abdullin K.A., Aitzhanov M.B. YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation, Journal of Physics: Conference Series, 1 (1115), 052007 (2018).
- 3 Jian Xu, Baofu Hu, Chao Xu, Jian Wang, Bingguo Liu, Hui Li, Xinliang Wang, Baoli Du, Yuxuan Gongc Carbon-free synthesis and luminescence saturation in a thick YAG:Ce film for laser-driven white lighting, Journal of the European Ceramic Society, 39, 631–634 (2019)
- 4 Abdullin Kh. A., Kemel'bekova A. E., Lisitsyn V.M., Mukhamedshina D., Nemkayeva R., Tulegenova A. Aerosol Synthesis of Highly Dispersed $Y_3Al_5O_{12} : Ce^{3+}$ Phosphor with Intense Photoluminescence, Physics of the Solid State, 61(10), 1840-1845 (2019)
- 5 Oliveira T.C., Silva M.S., Jesus L.M., Sampaio D.V., Santos J.C.A., Souza N.R.S., Silva R.S. Laser sintering and radioluminescence emission of pure and doped Y_2O_3 ceramics, Ceramics International, 40(10, Part B), 16209-16212 (2014).
- 6 Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Musakhanov D.A., Tulegenova A.T., Abdullin K.A., Aitzhanov M.B. YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation, Journal of Physics: Conference Series, 1 (1115), 052007 (2018).
- 7 Karipbayev Zh., Mussakhanov D., Lisitsyn V., Alpysova G., Golkovskii M., Lisitsyna L., Tulegenova A., Akylbekov A., Dauletbekova A., Balabekov K., Kozlovskii A., Usseinov A.. Synthesis, the study of the structure of YAG and YAGG phosphors in the radiation field, Vestnik Karagandinskogo universiteta Seriya «Fizika» [Synthesis, the study of the structure of YAG and YAGG phosphors in the radiation field, Bulletin of Karaganda University Series "Physics"], 4(96), 24-29 (2019). [in Russian]
- 8 Karipbayev Zh., Alpysova G., Mussakhanov D., Lisitsyn V., Kukenova A., Tulegenova A. Time-resolved luminescence excited with N2 laser of YAG:CE ceramics formed by electron beam assisted synthesis, Eurasian Physical Technical Journal, 17, 1 (33), 73-76 (2020).
- 9 Karipbayev Zh T., Lisitsyn V.M., Mussakhanov D.A., Alpysova G.K., Popov A.I., Poliadova E.F., Elsts E., Akilbekov A.T., Kukenova A.B., Kemere M., Sarakovskis A., Lushchik A. Time-resolved luminescence of YAG:Ce and YAGG:Ce ceramics prepared by electron beam assisted synthesis, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 479, 222-228 (2020).
- 10 Alpysova G., Mussakhanov D., Karipbayev Zh., Grechkina T., Shiming Zheng, Kukenova A Luminescence spectra of YAG:Ce phosphors synthesized in a field of radiation, HTRA-2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 754, 012014 (2020).
- 11 Karipbaev Zh.T., Musakhanov D.A., Lisitsyn V.M., Alpysova G.K., Kukenova A., Useinov A.B., Abdrakhmetova A.A., M. Bayzhumanov Zh. Impul'snaya fotolyuminescenciya sintezirovannyh v pole radiacii lyuminoforov na osnove YAG:Ce, Vestnik ENU im. L.N. Gumileva. Fizika. Astronomiya [Pulsed photoluminescence of YAG: Ce-based phosphors synthesized in a radiation field, Bulletin of ENU L.N. Gumilyov. Physics.], 132(3), 74-80 (2020). [in Russian]

Сведения об авторах:

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

Алпысова Г.К. - **основной автор**, докторант кафедры технической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Кажымукана, 13, Нур-Султан, Казахстан.

Лисицын В.М. - доктор физико-математических наук, профессор, Томский политехнический университет, Томск, Россия.

Мусаханов Д.А. - старший преподаватель кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникации, аспирант 3 курса, Томский политехнический университет, Томск, Россия.

Karipbayev Zh. - PhD of Technical Physics International Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Alpyssova G. - **The main author**, PhD student of Technical Physics International Department, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Kazhymukan str., 13, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Lisitsyn V. - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Tomsk Politechnical University, Tomsk, Russia.

Mussakhanov D. - Graduate student, Tomsk Politechnical University, Tomsk, Russia.