

**Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі  
«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ  
«Қазақстанның физика- техникалық қоғамы» ЖШС**

**Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан  
НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»  
ТОО «Физико-техническое общество Казахстана»**

## **ҚАТТЫ ДЕНЕ ФИЗИКАСЫ**

*XV Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары  
8-10 желтоқсан 2022 жылы*

## **ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

*Материалы XV Международной научной конференции  
8-10 декабря 2022 года.*

**Астана  
2022**

УДК 538.9 (075.8)  
ББК 22.37 я73  
Ф50

Рекомендовано к изданию решением  
Физико-технического общества Казахстана

Организационный комитет

Председатель: **Сыдыков Е.Б.**

Сопредседатели: **Курмангалиева Ж.Д., Кокетай Т.А.**

Члены международного оргкомитета: **Алиев Б.** (Казахстан), **Акылбеков А.Т.** (Казахстан), **Даулетбекова А.К.** (Казахстан), **Бахтизин Р.З.** (Россия), **Балапанов М.Х.** (Россия), **Донбаев К.М.** (Казахстан), **Ибраев Н.Х.** (Казахстан), **Кидибаев М.М.** (Кыргызстан), **Купчишин А.И.** (Казахстан), **Лисицын В.М.** (Россия), **Липилин А.С.** (Россия), **Мукашев К.М.** (Казахстан), **Ногай А.С.** (Казахстан), **Онаркулов К.Э.** (Узбекистан), **Плотников С.П.** (Казахстан), **Приходько О.Ю.** (Казахстан), **Скаков М.К.** (Казахстан), **Тайиров М.М.** (Кыргызстан), **Шаршеев К.К.** (Кыргызстан), **Шункеев К.Ш.** (Казахстан), **Яр-Мухамедова Г.Ш.** (Казахстан), **Лущик А.Ч.** (Эстония), **Попов А.И.** (Латвия), **Давлетов А.Е.** (Казахстан), **Дробышев А.С.** (Казахстан), **Иванов В.Ю.** (Россия), **Ильин А.Ю.** (Казахстан), **Токмолдин С.Ж.** (Казахстан), **Ибраев Н.Х.** (Казахстан)

Секретари конференции

**Садыкова Б.М., Дауренбеков Д.Х., Жаңылысов К.Б., Әлібай Т.Т., Юсупбекова Б.Н., Ахметова А.С., Шамиева Р.К.**

**Ф50 Қатты дене физикасы - Физика твердого тела: Материалы XV Международной научной конференции – Астана: Изд-во ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, 2022. – 189 с.**

**ISBN 978-601-337-782-7**

В сборнике опубликованы материалы докладов участников XV Международной научной конференции «Физика твердого тела».

УДК 538.9 (075.8)  
БК 22.37 я73

**ISBN 978-601-337-782-7**

**Евразийский  
национальный  
университет  
имени Л.Н. Гумилева, 2022**

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. ТОЧЕЧНЫЕ И ПРОТЯЖЕННЫЕ ДЕФЕКТЫ В ШИРОКОЩЕЛЕВЫХ СИСТЕМАХ: ОКСИДЫ, НИТРИДЫ, КЕРАМИКИ, МИНЕРАЛЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ И ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ; СОБСТВЕННАЯ И ПРИМЕСНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

<b>Н.Х. Юлдашев, А.С. Байгазиев, М.Ч. Осканбаев, N.Kh. Yuldashev, A.S. Baigaziev, M.Ch. Oskanbaev</b>	
Фотолюминесценция микрокристаллов в тонких пленках CdTe	7
<b>А.В. Стрелкова, Д.А. Мусаханов, А. М.Жунусбеков, Ж.Т.Карипбаев, Г.К. Алпысова, Т.Э. Көкөтай</b>	
Морфология синтезированной керамики BaF <sub>2</sub>	10
<b>В.И. Корепанов, Г. Гэ, Е.Ф. Полисадова</b>	
Импульсная катодолюминесценция кристаллов LiF-WO <sub>3</sub> и сопутствующие процессы	14
<b>К.Sh. Shunkeyev, A.S. Tilep, Sh.Zh. Sagimbayeva, Zh.K. Ubayev</b>	
Exciton-like formation in a sodium field in KCl:Na crystal with lowering lattice symmetry	15
<b>Н. Райымкул кызы, А.С. Ганиева, У.К. Мамытбеков, М.М.Кидибаев, К.Шаршеев</b>	
Низкотемпературная рентгено- и термостимулированная люминесценция кристаллов KNaSO <sub>4</sub> :Cu	16
<b>Ж.С. Жилгильдинов, В.М. Лисицын, Ж.Т. Карипбаев, А.М. Жунусбеков, А. Тулеуов</b>	
Зависимость эффективности люминесценции иаг:се керамики, полученной радиационным синтезом, от предыстории прекурсоров	18
<b>К.К. Кумарбеков, В.М. Лисицын, Т.Э. Көкөтай, Н. Қашкен, Ұ. Аман</b>	
Радиациялық өрісте MgO оксидті оптикалық керамиканың синтезі	21
<b>Т.Т. Әлібай, Д.А. Төлеков, Р.К. Шамиева, А.С. Нурпеисов, Ш. Рыскелді, Қ.Мекебай</b>	
Люминесцентные характеристики Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Допированного редкоземельным ионом Dy <sup>3+</sup>	23
<b>Д.А.Төлеков, Т.Т. Әлібай, Р.К. Шамиева, А.С. Нурпеисов</b>	
Электронно-дырочные центры захвата в уф облученном Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Mn	26
<b>Р.К.Шамиева, Т.Т.Әлібай, Д.А.Төлеков, А.С.Нурпеисов, А.А.Қабдулқак</b>	
Электронно-дырочные центры захвата в K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	29
<b>Б.Н. Юсупбекова, А.Ж. Кайнарбай, Д.Х. Дауренбеков, К.Б. Жанылысов, Б.М. Садыкова, А.С. Ахметова, С.Пазылбек</b>	
Электронно-дырочные центры захвата в кристаллах LiNaSO <sub>4</sub> :Cu и LiNaSO <sub>4</sub> :Cu, Mg	32
<b>А.К. Арыков, К. Хайдаров</b>	
Металлизация монокристаллов синтетического алмаза адгезионно-активными элементами: Ti и Co	37
<b>Ы. Ташполотов, Э. Садыков, Т.К. Ибраимов</b>	
Создание наноструктурных тампонажных цементов на основе минерально-сырьевых ресурсов кыргызской республики	40

### СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, РЕЛАКСАЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ, ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ, УПОРЯДОЧЕНИЕ, ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, ПРИМЕСИ С МЕЛКИМИ И ГЛУБОКИМИ УРОВНЯМИ, СТРУКТУРНЫЕ ДЕФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

<b>V.A. Kalytka, Z.K. Vaimukhanov</b>	
The influence of the proton quantum tunneling at kinetic phenomena in proton semiconductors and dielectrics	46
<b>К.Э. Онаркулов, А.И. Зокиров</b>	
Эффект аномального фотонапряжения в полупроводниковых поликристаллических структурах типа A <sup>II</sup> B <sup>VI</sup>	49
<b>N.E. Alimov, J.V. Vaitkus, S.M. Otajonov</b>	
Effect of surface recombination on the photoconductivity of CdTe nanocrystalline films with deep impurity levels	51

<b>З. Хайдаров, Б.З. Хайдаров</b> Исследование фотографического процесса в газоразрядной ячейке	54
<b>А.И. Зокиров, А.Ж. Кайнарбай, К.Э. Онаркулов, С.М. Зайнолобидинова</b> Исследование фотоэлектрических свойств пленочных структур CdTe	57
<b>Н.К. Касмамытов, А.Ж. Календеров, К.М. Макаева, К.А. Ласанху</b> Технология, структура и свойства высоковольтной фарфоровой керамики на основе сырья месторождений Кыргызской Республики	59
<b>С.К. Тлеукенов, А.Б.Төлегенова, В.Л.Пазынин</b> Генерация ТМ волн на границе кристалла класса 4m2 с магнитоэлектрическим эффектом волной те поляризации	60
<b>И.Н. Муллагалиев, Т.Р. Салихов, Р.Б. Салихов</b> Фототранзисторы на основе тонких пленок производных фуллерена со светочувствительным веществом	62
<b>Д.Н. Какимжанов, Б.К. Рахадиллов, Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко</b> Влияние импульсно-плазменной на трибоэлектрические свойства детонационных покрытия на основе Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> -NiCr	63
<b>А.Р. Курбангулов, Н.Н. Биккулова, Г.Р. Акманова, А.Х. Кутов</b> Фазовые переходы в теллуридах меди	65
<b>С.К. Тлеукенов</b> Метод матрицанта. Единое описание упругих и Электромагнитных волновых процессов в анизотропных средах	68
<b>А.К. Утениязов, Т.Сапарбаев, Э.С. Есенбаева, М.Т.Нсанбаев</b> Вольтамперная характеристика структуры Al-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -pCdTe-Мо в прямом направлении тока	69
<b>А.Р. Курбангулов, Н.Н. Биккулова, Д.И. Сафаргалиев, Г.Р. Акманова, А.Х. Кутов</b> Расчет зонной структуры теллурида меди cu <sub>1,75</sub> te в макро- и наносостоянии	72
<b>Д.И. Сафаргалиев, А.Д. Давлетшина, Н.Н. Биккулова, Г.Р. Акманова, И.И. Ганеев</b> Зонная структура соединений CuCrX <sub>2</sub> (X = S, Se)	75
<b>Д.И. Сафаргалиев, А.Д. Давлетшина, Н.Н. Биккулова, Г.Р. Акманова, Д.В. Насибуллин</b> Химическая связь в соединениях CuCrX <sub>2</sub> (X = S, Se)	76
<b>D.Khajibaev, K.Nurimbetov, B.Ya.Yavidov</b> On thickness dependence of T <sub>c</sub> OF La <sub>2-x</sub> Sr <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> films	78
<b>A. Jalekeshov, K. Nurimbetov, B. Ya.Yavidov</b> On doping dependence of T <sub>c</sub> and $\partial T_c / \partial p_i$ (i = a, b, c) of cuprates	81

### СЕКЦИЯ 3. ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ, МОДИФИКАЦИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

<b>А.Ж. Миниязов, Е.А. Кожухметов, М.К. Скаков, Т.Р. Туленбергенов, И.А. Соколов</b> Деградация структуры и свойств карбидных поверхностных слоев вольфрама в условиях плазменного воздействия	84
<b>Д.Р. Байжан, А.Ж.Жасулан, Ж.Б.Сагдолдина, К.Д. Орманбеков, Д.Б. Буйткенов, Р.К. Кусаинов</b> Микродуговое окисление титана в электролит-суспензиях	87
<b>Б.М. Ахметгалиев, К.С.Назаров, М.Х. Балапанов, К.А. Кутербеков, Р.Х. Ишембетов, М.М. Кубенова</b> Исследование фазовых переходов в нанокристаллических сульфидах меди Li <sub>x</sub> Cu <sub>2-x</sub> S (x=0.10, 0.16, 0.18) методом дифференциальной сканирующей калориметрии	89
<b>М.И. Маркевич., Д.Ж. Асанов</b> Воздействие лазерного излучения на фотомагнитные материалы на основе кремния легированного примесями	91
<b>Б.К. Рахадиллов, Д.Р. Байжан, Н.Е. Бердімуратов, Р.С. Кожанова, З.А. Сатбаева, Л.Б. Баятанова</b>	

Структурно-фазовое состояние среднеуглеродистых сталей после электролитно-плазменной обработки	94
<b>Б.К. Рахадиллов, Н. Мұқтанова, А.Е. Кусайнов, Д.Н. Кәкімжанов</b> Получение износостойкого покрытия WC-10Co-4Cr методом высокоскоростного газопламенного напыления	97
<b>Д.Б. Бұйткенов, А.Б. Нәбиолдина, Н.М. Магазов, Ж.С. Тұрар</b> Получение многослойных металлокерамических покрытий методом детонационного напыления	100
<b>С.К. Тлеукиенов, М.С. Токашева, В.Л. Пазынин</b> Возбуждение волн ТЕ поляризации на границе моноклинного кристалла при отражении ТМ волн	103
<b>Қ.Ә. Қонысов, А.Е. Садыкова, А. Аужанова, Н.Х. Ибраев</b> TiO <sub>2</sub> /rGO/Ag нанокөмпозитінің фотокаталитикалық белсенділігін бояғышты фотодеградациялау әдісімен зерттеу	104
<b>Д.К. Ескермесов, Е.Е. Табиева, З.Е. Арингожина, С.А. Пазылбек, Ж.Т. Төлеуханова</b> Морфология поверхности и физико-механические свойства Ni-Cr-Al покрытий полученных детонационным распылением при импульсно-плазменной обработке	107

#### СЕКЦИЯ 4. НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

<b>Р.Б. Салихов, А.Д. Остальцова, Т.Р. Салихов</b> Полимерные тонкопленочные химические сенсоры	110
<b>S. Pazylbek, A. Kareiva, T. Nurakhmetov, D. Karoblis, D. Vistorskaja A. Zarkov</b> Novel co-substituted yttrium gallium garnets	112
<b>Т.И. Шарипов, Д.Ш. Кудояров, Р.Р. Гарафутдинов, И.Н. Сафаргалин</b> Электропроводность специфических олигонуклеотидов	112
<b>Т.Т. Юмалин, Р.Б. Салихов</b> Тонкопленочные структуры на основе углеродных нанотрубок в составе эпоксидных смесей	115
<b>К.С. Рожкова, А.К. Аймуханов, К.Т. Абдрахман, А.М. Абдигалиева</b> Влияние среды на морфологию полимера PEDOT:PSS	118
<b>И.Н. Сафаргалин, Р.Б. Салихов</b> Тонкие пленки новых производных пани и влияние морфологии на их свойства	120
<b>Д.А. Толеков, Д.Ш. Кудояров, Р.З. Бахтизин, Т.Н. Нурахметов, Т.И. Шарипов</b> Изучение биомолекул с помощью сканирующей зондовой микроскопии	122
<b>Д.А. Темирбаева, Н.Х. Ибраев</b> Ag және Au Плазмондық нанобөлшектерінің ксантен бояғышының люминесценттік қасиеттеріне әсері	124
<b>А.Б. Демесбек, А.С. Кенжебекова, Д.Р. Ташкеев, А.А. Баратова</b> Исследование фрактальных свойств морфологических изменений тканей в нанометровом масштабе	126
<b>Г.Е. Сагаева, А.А. Баратова, А. Мирзо, Р.К. Ниязбекова, Д. М. Шарифов, Ж. А. Бегайдарова, А. А. Абдигапар, Ж. Сыздыкова</b> Исследование спектрофотометрических и люминесцентных свойств образцов углеродных нанокөмпозитных полимерных материалов	129
<b>Э.Ж. Алихайдарова, Н.Х. Ибраев, Е.В. Селиверстова</b> Влияние локализованного плазмонного резонанса металлических наночастиц на структурные, оптические и оптоэлектронные свойства пленок оксида графена	132
<b>N.Kh. Ibrayev, E.V. Seliverstova</b> Plasmon-induced photophysical processes in molecular media	134
<b>Б.М. Сатанова, Г. Ә. Қаптағай, Ф.У. Абуова</b> Күшті электронды корреляциясы бар гибриді графен-оксидті 2d материалдар	138
<b>Д.Т. Жеңіс, А.Б. Құманова, М.Ш. Салауатова</b> Ядролық медицинаның қазіргі кездегі мүмкіндіктері және болашағы	140
<b>А.Е. Канапина, Н.Х. Ибраев, Е.В. Селиверстова, А.А. Ищенко</b> Влияние плазмонного резонанса наночастиц металлов на внутримолекулярные электронные переходы в молекулах полиметиновых красителей различной ионности	142

<b>А.Н. Мочалов, Д.Ш. Кудояров, Т.И. Шарипов</b> Современное состояние исследований олигонуклеотидов методами зондовой микроскопии	145
<b>Г.С. Аманжолова, Н.Х. Ибраев, Е.В. Селиверстова</b> S, N- еңгізілген көміртекті нүктелердің плазмон-күшейтілген люминесценциясы	146
<b>А.С. Ахметова, А.Ж. Қайнарбай, Д.Х. Дауренбеков, Б.Н. Юсупбекова, А.К. Оспанова, Б.Ә. Дүйсенбай</b> Влияние длин лиганд на формирование и рост нанопластин теллурида кадмия	149
<b>Д.М. Шарифов, Р.К. Ниязбекова, Г.М. Мухамбетов, В.Н. Михалченко, Ж.А. Бегайдарова, М.А. Серекпаева</b> Технология получения и перспективы развития нанокompозитных материалов на полимерной основе	152
<b>У. М. Кабылбекова, Г. И. Мухамедрахимова, К. У. Мухамедрахимов</b> Принцип использования квантовых точек для диагностики и лечения злокачественных опухолей	155

## **СЕКЦИЯ 5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

<b>А. С. Ногай, А.А. Ногай, А.А. Буш, Д.Е. Ускенбаев, А.Б. Утегулов</b> Проблемы повышения эффективности натрий ионных аккумуляторных батарей и пути их решения	159
<b>А.А. Ногай, А.А. Буш</b> Способы повышения параметров пьезоэлектрических генераторов путем модификации пьезоэлектрической керамики	162
<b>Е.А. Кожаметов, А.Ж. Миниязов, А.С. Уркунбай</b> Микроструктурная стабильность двухфазного (O+B2) сплава системы Ti-25Al-25Nb (АТ.%) в процессе термоциклирования в среде водорода	165
<b>Н. В. Ермилов, Н. Н. Биккулова</b> Скрининг перспективных термоэлектрических халькогенидов	168
<b>Т.М. Сериков, Е.В. Селиверстова, А.Е. Садыкова, Қ. Қонысов, Н.Х. Ибраев</b> Влияние наночастиц серебра на фотокаталитическую активность нанокompозита TiO <sub>2</sub> /rGO	169
<b>Д.Д.Айдарова, Г.Т. Бейсембаева, Т.М. Сериков, А.С. Балтабеков</b> Влияние удельной поверхности нанотрубок TiO <sub>2</sub> на ее фотокаталитическую активность	171

## **СЕКЦИЯ 6. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ**

<b>Н.И.Темиркулова, А.Ә.Мырзақұлов</b> Ускоренное обучение элементам математического анализа в курсе физики средней школы	174
<b>С. Нұрқасымова., А.Б.Жаныс</b> Самостоятельная работа студентов как средство повышения эффективности учебной деятельности по физике	177
<b>Б.Е. Рахымбаева, Г.М. Аралбаева, Р.Н. Сулеймен, М.Р. Кушербаева</b> Физика пәнінен сапалы есептерді шығару арқылы орта буын оқушыларының сыни ойлауын дамыту	179
<b>Г.Е.Сагындыкова, П.У.Баймишова</b> Физика мен медицинаның интерграциясы негізінде оқушылардың қызығушылығын дамыту	182
<b>Э.К.Кожабекова, Ж.К.Ермекова</b> Физика пәнін музыкамен байланыстырып оқыту жүйесі	185
<b>Ж. К. Ермекова, Р. Серікбол, Н. Муграж, А. Омеркулов, Д. Саяхат</b> Болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілік деңгейін арттыру жолдары	187

11. Choi B. K., Lee H. K., Kim Y. W. Ionic conduction and structural phase transitions of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  doped with various impurities //Solid state ionics. – 1998. – V. 113. – P. 493-499.
12. Rodriguez-Navarro C., Doehne E., Sebastian E. How does sodium sulfate crystallize? Implications for the decay and testing of building materials //Cement and concrete research. – 2000. – V. 30. – №. 10. – P. 1527-1534.
13. Azorin J. Preparation methods of thermoluminescent materials for dosimetric applications: An overview //Applied Radiation and Isotopes. – 2014. – V. 83. – P. 187-191.
14. Taide S. T., Ingle N. B., Omanwar S. K. Characterization and photoluminescence studies of  $\text{Dy}^{3+}$  doped  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  phosphor prepared by re-crystallization method. IOSR //J Appl Phys. – 2015. – V. 7. – P. 27-32.
15. P. Rowlands A. et al. Spectrally resolved luminescence of undoped and  $\text{Dy}^{3+}$  doped  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  //Radiation protection dosimetry. – 2002. – V. 100. – №. 1-4. – P. 55-59.
16. Rahman A. Z. M. S. et al. Irradiation-induced valence conversion of samarium ions in  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  //Applied Physics A. – 2013. – V. 111. – №. 2. – P. 587-591.

УДК 538.9(075.8)

### ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЕ ЦЕНТРЫ ЗАХВАТА В УФ ОБЛУЧЕННОМ $\text{Li}_2\text{SO}_4$ - $\text{Mn}$

Д.А.Төлеков, Т.Т. Әлібай, Р.К. Шамиева, А.С. Нурпеисов

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Спектроскопическими методами были исследованы природа электронно-дырочных центров захвата в сегнетоэлектрических кристаллах  $\text{Li}_2\text{SO}_4 - \text{Mn}$ . Показана, что в таких кристаллах создаются несколько типов примесных электронно-дырочных центров захвата при локализации электронов и дырок на нарушенных местах решетки возле примеси  $\text{Mn}^{2+}$ . Кристаллы  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  активированные примесями  $\text{Mn}^{2+}$  имеют анизотропические оптические свойства и являются сегнетоэлектриками с несколькими фазовыми переходами. Исследованиями авторов [1] показана, что в облученном кристалле  $\text{K}_2\text{SO}_4 - \text{Mn}$  при возбуждении в фундаментальной спектральной области  $E_g > 5,5$  эВ появляются полосы излучения при 3,65-3,75 эВ связанные рекомбинацией электронов с локализованным дырками  $\text{SO}_4^-$ . Введение примесей  $\text{Mn}^{2+}$ , являющихся акцептором для электрона в сульфатах, усиливает интенсивность собственной люминесценции. Экспериментальный результат доказывает, что излучения при 3,65-3,75 эВ связана рекомбинацией электронов с локализованной дыркой.

В сульфатах щелочных и щелочноземельных металлов, активированных ионами  $\text{Mn}^{2+}$ , были исследованы термолюминесценция оптически стимулированной люминесценции и фосфоросценция означающие образование примесных электронно-дырочных центров захвата в облученных рентгеновскими, гамма и ультрафиолетовыми лучами [2].

В работе авторов [3] в облученном  $\text{CaSO}_4 - \text{Mn}$  обнаружены пики термостимулированной люминесценции при 485 К, 504 К, 526 К по величине светосуммы превышающей светосумму TSL в коммерческом TLD дозиметрах  $\text{LiFMg, Cu; P}$ . В облученном  $\text{BaSO}_4 - \text{Mn}$  обнаружены пики TSL при 420 К, 498 К и 608 К. В облученном  $\gamma$  – лучами  $\text{CaSO}_4 - \text{Mn}$  с наведенными дефектами методом фотостимуляции обнаружен пик TSL при 383 К [4].

Кристаллы  $\text{Li}_2\text{SO}_4 - \text{Mn}$  выращены из насыщенного водного раствора методом медленного испарения при температуре 40°C. Из кристалла вырезались пластинки толщиной 3-5 мм и диаметром 10-15 мм. Нами исследованы образцы кристалла и порошков  $\text{Li}_2\text{SO}_4 - \text{Mn}$  с чистотой 99,99%. Спектр возбуждения корректируется на спектральное распределение интенсивности возбуждающего излучения.

Для измерения спектров излучения в спектральной области 1,5÷6,2 эВ использовался спектрофлуориметр Solar CM 2203. Эта установка дает возможность проведения

экспериментальных исследований по измерению спектров фотолюминесценции, спектров возбуждения и спектров поглощения, твердотельных образцов и растворов при 80-300 К температуре. Спектральный диапазон в режиме спектрометра от 200 до 820 нм, а в режиме спектрофотометра 200-1100 нм.

На рисунке 1 представлен спектр излучения кристалла  $Li_2SO_4 - Mn$  при возбуждении фотонами с энергией 6,2 эВ при 300К. Из рисунка 1 (кривая 1) видно, что появляются полосы излучения при 2,3 эВ, 2,4 эВ, 2,95 эВ, 3,0 эВ, 3,2 эВ и 3,7 эВ и. Аналогичные излучения возникают при возбуждения фотона с энергией 5,9 эВ (кривая 2) и 5,6 эВ (кривая 3) при 300 К.

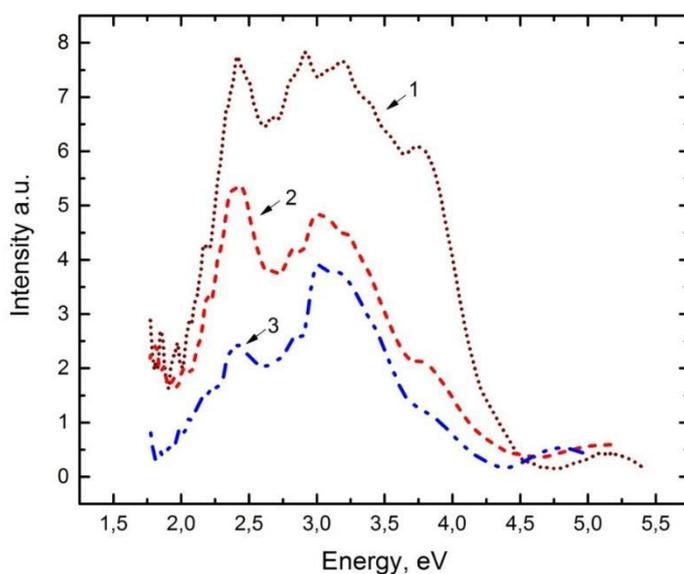


Рисунок 1 – Спектр излучения кристалла  $Li_2SO_4 - Mn$  при возбуждения фотонами с энергией 6,2 эВ (кривая 1), 5,9 эВ (кривая 2) и 5,6 эВ (кривая 3) при 300 К

На рисунке 2 представлен спектр возбуждения основной полосы излучения при 2,3 -2,4 эВ, связанные с примесями  $Mn^{2+}$ . Из рисунка видно, что полоса излучения 2,3-2,4 эВ возбуждаются при энергиях фотона 3,6 эВ, 3,9 эВ, 4,0 эВ, 4,5-4,7 эВ и 5,5 эВ. При возбуждении кристаллов в фундаментальной области при 5,5 эВ и выше 6 эВ создаются электронно-дырочные пары, которые в ходе релаксации захватываются дефектами решетки и формируют электронно-дырочные центры захвата. Полоса возбуждения при 3,6 эВ авторы [5] связывают внутрицентровыми переходами в ионе  $Mn^{2+}$ . Остальная полоса возбуждения при 3,9-4,0 эВ и 4,5-4,7 эВ связана примесными и собственными электронно-дырочными центрами захвата локализованного возле примеся  $Mn^+$ .

Можно предположить, что аналогичные рекомбинационные излучения на примесных центрах захвата  $Mn^+ - SO_4$ , формируются в кристалле  $Li_2SO_4 - Mn$ . Возможно, рекомбинационное излучение при 2,95 эВ соответствует распаду примесного центра захвата,  $Mn^+ - SO_4$  а полоса 3,1 эВ соответствует распаду собственного центра захвата  $SO_4^{3-} - SO_4^-$ .

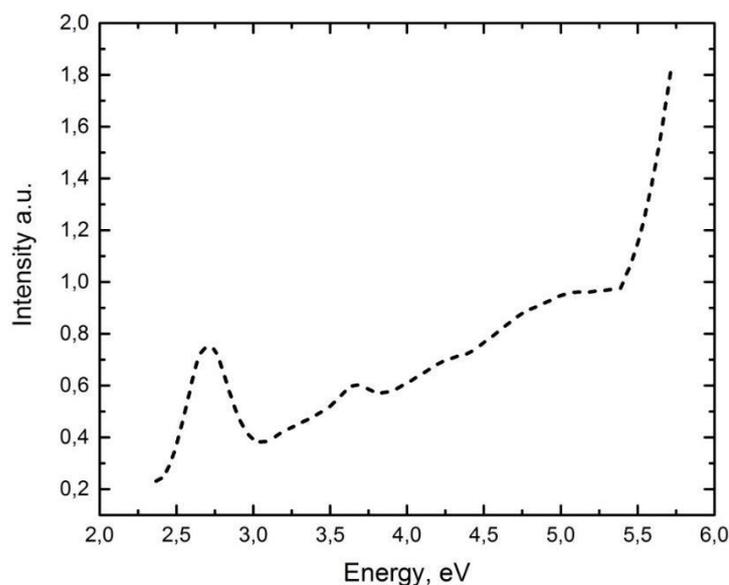


Рисунок 2 – Спектр возбуждения для полосы излучения 2,3 эВ в кристалле  $Li_2SO_4 - Mn$  300 К

Таким образом, при рекомбинационном распаде полос излучений при 2,95 эВ и 3,0-3,1 эВ возбужденного фотонами с энергией 3,9-4,0 эВ и 4,5-4,7 эВ энергия передается примесям  $Mn^{2+}$  и мы наблюдаем излучения  $Mn^{2+}$  возле дефектов решетки. Разные энергетические расстояния в примесных электронно-дырочных центрах захвата должна быть связана разными кристаллографическими направлениями дырочных групп  $SO_4^-$  анизотропном кристалле  $Li_2SO_4$ .

В анизотропических кристаллах сульфата щелочных и щелочноземельных металлов, в которых имеются двойникновение кристаллической решетки, могут создаваться электронные и дырочные центры захвата в разных кристаллографических направлениях. Поэтому энергетические расстояния между примесными центрами захватов и рекомбинационная излучения могут быть разными.

#### Литература

1. Нурахметов Турлыбек. Электронные возбуждения и радиационные дефекты в гранцентрированных ЩГК и сульфатах щелочных и щелочноземельных металлов, Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – 2001. – Алматы. – 287 с.
2. Suchinder K. Sharma, Jugina Thomas, M. S. Pandian, P. S. Rao, R. Gartia, A. Singhvi, Applied Radiation and Isotopes 105 (2015) 198-203.
3. Shaila Bahl, Vipin Kumar, Rakesh Ras Bihari, Pratik Kumar, Journal of Luminescence 181 (2017) 36-43.
4. Mostafa Zahedifar, Mohsen Mehrabi, Somayeh Harooni, Applied Radiation and Isotopes 69 (2011) 1002-1006.
5. T.N. Nurakhmetov, Zh.M. Salikhodzha, K.B. Zhangylyssov, A.M. Zhunusbekov, A.Zh. Kainarbay, D.H. Daurenbekov, Zh. Azmagambetova, B.M. Sadykova, B.N. Yussupbekova, T.T. Alibay, D.A. Tolekov, N. Tulebayeva, Eurasian Journal of Physics and Functional Materials 2021, 5(1), 31-38.