

**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. Касамытов, 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-Mo 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

Жұтылу спектрінде L-цистеинмен толықтырылған КН-де қосымша максимумы 350 нм болатын жұтылу жолағы пайда болады, ал құрамында L-цистеин жоқ КН-де ол жолақ іс жүзінде жоқ. Барлық зерттелетін КН үшін қоздырушы толқын ұзындығының өсуімен флуоресценция спектрінің «қызыл» ығысуы байқалады. Флуоресценцияның максималды интенсивтілігі 350 нм қозу кезінде байқалады. ЛҚ және L-цистеин қатынасы 1:0,5 және 1:1 болатын КН флуоресценцияның ең үлкен кванттық шығымына ие.

Күміс аралдық қабыршақтарда КН флуоресценцияның да, фосфоресценциясының да интенсивтілігі айтарлықтай артады. Бұл ретте люминесценцияның екі түрінің де интенсивтілігінің ең елеулі өзгерістері КН 1:0 үшін тіркелді. (7-9 рет). Функционалдандырылған КН үшін күшейту коэффициенттері 1,3-2,4 есе шегінде болады. Бұл жағдайда жарқыраудың өмір сүру уақыты аздап қысқарады, бұл КН триплет күйінің радиациялық ыдырау жылдамдығының жоғарылауын көрсетуі мүмкін.

#### Әдебиеттер:

1. Molaei, M. J. The optical properties and solar energy conversion applications of carbon quantum dots: A review // *Solar Energy*. – 2020. – Vol. 196. – P. 549–566.
2. Lu S., Xiao G., Sui L., Feng T., Yong X., Zhu S., Li B., Liu Z., Zou B., Jin M., Tse J., Yan H., Yang B. Piezochromic Carbon Dots with Two-photon Fluorescence // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2017. – Vol. 56, No. 22. – P.6187-6191.
3. Hola K., Zhang Y., Wang Y., Giannelis E.P., Zboril R., Rogach A.L. Carbon dots—Emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics // *Nano Today*. – 2014. – Vol. 9, No. 5. – P. 590-603.
4. Wang B., Lu S. The light of carbon dots: from mechanism to applications // *Matter*. – 2022. – Vol. 5, No. 1. – P. 110-149.
5. Ibrayev N., Dzhanabekova R., Seliverstova E., Amanzholova G., Optical properties of N- and S-doped carbon dots based on citric acid and L-cysteine // *Fullerenes, Nanotubes, Carbon Nanostruct.* – 2021. – Vol. 30, No.1. – P. 22-26.
6. Arvand M., Hemmati S. Analytical methodology for the electro-catalytic determination of estradiol and progesterone based on graphene quantum dots and poly(sulfosalicylic acid) co-modified electrode // *Talanta*. – 2017. – Vol. 174. – P. 243-255.
7. Niu Y., Wang J., Zhang J., ShiZh. Graphene quantum dots as a novel conductive additive to improve the capacitive performance for supercapacitors // *J. Electroanal. Chem.* – 2018. – Vol. 828. – P. 1-10.
8. Song S.H., Jang M.H., Chung J., Jin S.H., Kim B.H., Hur S.H., Yoo S., Cho Y., Jeon S. Highly efficient light-emitting diode of graphene quantum dots fabricated from graphite intercalation compounds // *Adv. Opt. Mater.* – 2014. – Vol. 11. – P. 1016-1023.

УДК 54.057

#### **Влияние длин лиганд на формирование и рост нанопластин теллурида кадмия**

А.С. Ахметова, А.Ж. Қайнарбай, Д.Х. Дауренбеков, Б.Н. Юсупбекова, А.К. Оспанова,  
Б.Ә. Дүйсенбай

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

Появление первых коллоидных светоизлучающих диодов на квантовых точках открыло новое направление в светодиодной технологии. Коллоидные нанокристаллы обладают такими преимуществами как: низкая стоимость, технологичность и регулируемая длина волны излучения, что делает их перспективными люминесцентными материалами. Большинство светодиодов с коллоидными нанокристаллами в настоящее время основаны на сферических квантовых точках. По сравнению с квантовыми точками, нанопластинки (НПЛ) имеют более узкий пик излучения, большую энергию связи экситонов и более высокую скорость рекомбинации излучения, что делает их более подходящими в качестве люминесцентных

материалов для светодиодов. Узкая линия излучения НПЛ имеет большое значение для улучшения чистоты цвета светодиодов, чего трудно добиться с помощью других материалов. Сообщалось о различных структурах, включая гетероструктуры типа II ядро/оболочка и ядро/корона [3]. Теллурид кадмия ( $E_g = 1,44$  эВ) считается важным компонентом этих структур. Теллурид кадмия (CdTe) представляет собой полупроводниковое соединение типа цинковой обманки II-VI с прямой запрещенной зоной.

Нанопластинки CdTe, имея большое поперечное сечение поглощения, более высокую скорость рекомбинации излучения и сверхнизкий порог усиленного спонтанного излучения, являются перспективным оптическим материалом для светодиодов и лазеров [4].

Объектами изучения являются образцы нанопластинки (НПЛ) CdTe, синтезированных высокотемпературным методом импульсной нуклеации в сильнокипящем растворителе. Нанопластины CdTe, выращенные коллоидными методами с жирной кислотой в качестве кэпирующих лиганд заканчиваются атомами кадмия связанными лигандами кислоты. Жирные кислоты, обычно используемые в синтезе нанокристаллов, должны выбираться опираясь на условие, что лиганды и соли халькогенида кадмия могут быть использованы в качестве предшественника Cd [5]. Исходя из этого нами были синтезированы образцы нанопластин CdTe по ранее освоенной методике [1,2,6]. В работе были получены оптические характеристики спектрофотометрическим методом анализа на спектрофотометре Jasco V-770 и люминесцентные свойства на спектрофлуориметре CM 2203. Поскольку, система должна иметь относительно высокое соотношение предшественников Cd к Te, это соотношение было проверено методом масс-спектрометрии на Perkin-Elmer ELAN DRC-II.

По модифицированной методике при температуре синтеза 200 °С, в инертной атмосфере были синтезированы образцы НПЛ, с использованием в качестве предшественника кадмия ацетата дегидрата кадмия, а в качестве предшественника металла использовался теллур растворенный в триоктилфосфине 100 мкл 1М TOP-Te. В качестве жирных кислот нами были использованы стеариновая кислота - stearic acid (образец № 1), миристиновая кислота - myristic acid (образец № 2) и олеиновая кислота - oleic acid (образец № 3).

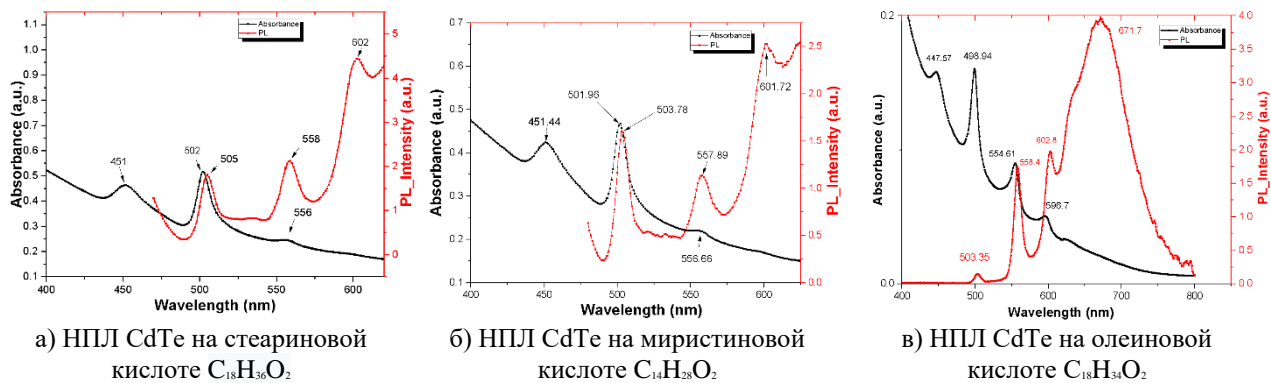


Рисунок 1. Спектры поглощения и фотолюминесценции образцов нанопластин CdTe.

На рисунке 1 в каждом спектре поглощения можно распознать более длинный острый пик, соответствующий первому экситонному переходу: электрон/тяжелая дырка (498-502 нм), за которым следует более широкий пик, соответствующий переходу электрон/легкая дырка (447-451 нм). Такие переходы характерны для двумерных наночастиц и могут быть отнесены к популяциям НПЛ, содержащим 5 и 6 слоев соответственно [6]. Важно отметить, что зарождение НПЛ происходит не сразу после инъекции, а появляется спустя 15-20 с и сохраняется в течение всего времени реакции.

Использование длинноцепочечных лиганд поверхностно активных веществ существенно меняет условия роста. Происходит одновременный рост 5-8-слойных НПЛ с полосами излучения при ~503, 558 и 602 сопровождающийся формированием квантовых точек CdTe, имеющих широкую полосу люминесценции при ~ 671 нм (рис. 1в).



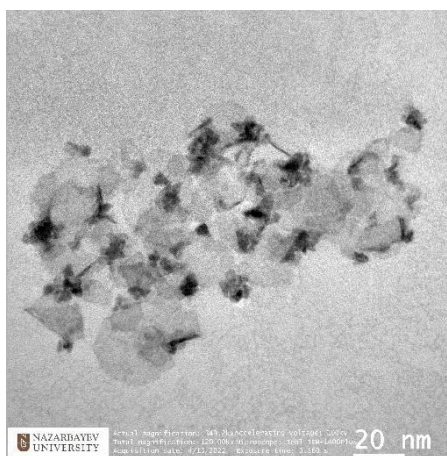


Рисунок 2. Снимки просвечивающей электронной микроскопии.

Чтобы выяснить дальнейшие структурные особенности НПЛ и понять механизм их роста, мы приступили к подробному анализу очищенных НПЛ методом просвечивающей электронной микроскопии. Согласно рисунку 2, в образцах было обнаружено присутствие как НПЛ CdTe, так и мелких ядер CdTe и различных форм наночастиц, о чем так же свидетельствуют спектры фотолюминесценции.

Небольшой размер образующихся частиц вместе с появлением различных микроструктур в растворе продукта свидетельствует о сильной стабилизации поверхности длинноцепочечным ПАВ и сильном пересыщении, сохраняющемся в течение длительного времени синтеза. Это иллюстрирует необходимость добавления короткоцепочечных ПАВ (типа пропионовой кислоты -  $C_3H_7O_2$ ) для роста высокоанизотропных наноструктур и требует дополнительных исследований.

Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP15473137).

#### Литература

1. Pedetti, S., Nadal, B., Lhuillier, E., Mahler, B., Bouet, C., Abécassis, B., ... & Dubertret, B. (2013). Optimized synthesis of CdTe nanoplatelets and photoresponse of CdTe nanoplatelets films. *Chemistry of Materials*, 25(12), 2455-2462. <https://doi.org/10.1021/cm4006844>
2. Vasiliev, R. B., Lazareva, E. P., Karlova, D. A., Garshev, A. V., Yao, Y., Kuroda, T., ... & Sakoda, K. (2018). Spontaneous folding of CdTe nanosheets induced by ligand exchange. *Chemistry Of Materials*, 30(5), 1710-1717. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.7b05324>
3. Yu, J., & Chen, R. (2020). Optical properties and applications of two-dimensional CdSe nanoplatelets. *InfoMat*, 2(5), 905-927. <https://doi.org/10.1002/inf2.12106>
4. Yu, J., Zhang, C., Pang, G., Sun, X. W., & Chen, R. (2019). Effect of lateral size and surface passivation on the near-band-edge excitonic emission from quasi-two-dimensional CdSe nanoplatelets. *ACS applied materials & interfaces*, 11(44), 41821-41827. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b16044>
5. Li, Z., Qin, H., Guzun, D., Benamara, M., Salamo, G., & Peng, X. (2012). Uniform thickness and colloidal-stable CdS quantum disks with tunable thickness: Synthesis and properties. *Nano Research*, 5(5), 337-351. <https://doi.org/10.1007/s12274-012-0214-5>
6. Akhmetova, A. S., Daurenbekov, D. H., Kainarbay, A. Z., Nurakhmetov, T. N., & Eliseev, A. A. (2022). Colloidal synthesis of CdTe nanoplatelets using various cadmium precursors. *Optical Materials*, 131, 112606. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2022.112606>