

**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-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. Кожаметов, 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. Тлеукунов, 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

## ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛН ТЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ГРАНИЦЕ МОНОКЛИННОГО КРИСТАЛЛА ПРИ ОТРАЖЕНИИ ТМ ВОЛН

С.К. Тлеукенов<sup>1</sup>, М.С. Токашева<sup>2</sup>, В.Л. Пазынин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Казахстан

<sup>3</sup>ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, Украина

При отражении плоской волны ТМ поляризации на границу раздела сред ромбической анизотропии и моноклинного кристалла возможно возбуждение волн ТЕ поляризации.

Целью работы было определение коэффициентов генерации волн ТЕ поляризации.

Распространение исходной ТМ волны рассматривается в ромбическом кристалле (область  $x \leq 0$ ) граница раздела сред при  $x=0$ . В области  $x \geq 0$  среда моноклинной анизотропии.

Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости моноклинного кристалла приняты в виде:

$$\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy} = \epsilon_{zz} = \epsilon_0, \quad \epsilon_{xy} = \epsilon_{yx} = \epsilon_{yz} = \epsilon_{zy} = \epsilon_{zx} = \epsilon_{xz} = 0, \quad (1)$$

Изучение закономерности отражения и преломления волн рассматривается на основе уравнений Максвелла в координатной плоскости ( $xOy$ ).

Волна ТМ задано в виде:

$$W_0 = 0, 0, H_z, E_y \cdot \exp(i(\omega t - k_x x - k_y y)); \quad x \leq 0 \quad (2)$$

На основе метода матрицанта [1-4] получены системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, описывающие распространение волновых ТЕ и ТМ волны в областях  $x \leq 0$  и  $x \geq 0$ .

В области  $x \leq 0$ :

$$dW/dx = BW, \quad W = (E_z, H_y, H_z, E_y) \quad (3)$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{43} & 0 & b_{34} \end{pmatrix}$$

$$b_{12} = i\omega\mu_0; \quad b_{21} = i\omega\epsilon_0 - k_y^2 \mu_0 \quad (4)$$

$$b_{34} = -i\omega\mu_0; \quad b_{43} = -i\omega\epsilon_0 - k_y^2 \mu_0$$

В области  $x \geq 0$ :

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & 0 & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{43} & 0 & 0 & b_{34} \end{pmatrix} \quad b_{12} = i\omega\mu_0; \quad b_{21} = i\omega\epsilon^* - k_y^2 \mu_0$$

$$b_{23} = i k_y \epsilon_{zx} - \epsilon_{xz} \quad (5)$$

$$b_{34} = -i\omega\mu_0; \quad b_{43} = -i\omega\epsilon^* - k_y^2 \mu_0$$

$$\epsilon^* = \epsilon - \epsilon_{zx}^2 / \epsilon_{zz}; \quad \epsilon^* = \epsilon - \epsilon_{xz}^2 / \epsilon_{zz}$$

В рамках метода матрицанта граничные условия для решения задачи имеет вид

$$W_0 + W_R = W_t \quad (6)$$

$$R_0 W_R - R_0 W_0 = -R W_t = -R W_0 + W_R \quad (7)$$

откуда следует:

$$W_R = R_0 + R^{-1} R_0 - R W_0 \quad (8)$$

$W_R$  – амплитуды отраженных волн.

$W_t$  – амплитуды преломленных волн

$$W_t = W_R + W_0 = I + G W_0 \quad (9)$$

$$G = R_0 + R^{-1} (R_0 - R); \quad R = B - k_1 k_2 B^{-1} k_1 + k_2 \quad (10)$$

матрица  $G$  имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} g_{11} & 0 & g_{13} & 0 \\ 0 & g_{22} & 0 & g_{24} \\ g_{31} & 0 & 0 & g_{42} \\ g_{33} & 0 & 0 & g_{44} \end{pmatrix}; \quad W_R = G W_0 \quad (11)$$

Из (8) следует

$$E_z R_0 \quad H_y R_0 \quad H_z R_0 \quad E_y R_0 = G_0 \quad 0 \quad H_z \quad 0 \quad E_y \quad 0; \quad E_z R_0 = g_{13} H_z \quad (12)$$

$$H_y R_0 = g_{24} E_y \quad 0$$

при  $x=0$

Формулы (12) определяют амплитуды волн ТЕ поляризации в области  $x < 0$  порожденные падающей на границу  $x=0$  ТМ волной.

Амплитуда ТЕ волны, возбужденные ТМ волной в области  $x \geq 0$  имеет вид (9):

$$E_{zt0} = E_{zR0}; \quad H_{yt0} = H_{yR0} \quad \text{при } x=0. \quad (13)$$

$$E_{zR}, H_{yR} = T_0 - 1WR_0; \quad E_{zt}, H_{yt} = TWt_0 \quad (14)$$

$T_0, T$  – матрицанты уравнения (3) в областях

$x \leq 0$  и  $x \geq 0$ .

#### Литература

1. Тлеукунов С.К. Метод матрицанта. – Павлодар, НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2004., 148 с. - учебное пособие
2. Tleukenov S.K. A method for the analytical description of coupled-field waves in various anisotropic media// Acha Mechanical, - 2004, vol. 225, issue 12, p.3535-3547 - статья
3. Тлеукунов С.К., Оспанов А.Т. Изучение электромагнитных полей в анизотропных средах. – Алматы: КазНПУ им. Абая, 2001 г., 67 с. - статья
4. Тлеукунов С.К., Балабеков К.Н., Жалгасбекова З.К. Электромагнитные волновые процессы в анизотропных средах. – Алматы: Эверо, 2022., 140 с. - учебное пособие.

УДК 621.793

### **TiO<sub>2</sub>/rGO/Ag НАНОКОМПОЗИТИНІНҢ ФОТОКАТАЛИТИКАЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН БОЯҒЫШТЫ ФОТОДЕГРАДАЦИЯЛАУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ**

Қ.Ә. Қонысов, А.Е. Садыкова, А. Аужанова, Н.Х. Ибраев

Молекулалық нанофотоника институты, Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

Фотокатализді зерттеудің әлемдік тәжірибесі тиімді фотокатализаторлардың бірі титан диоксиді екенін көрсетеді [1,2]. Гетерогенді фотокаталитикалық процестерге үлкен қызығушылық бірнеше себептерге байланысты. Біріншіден, жарық ағынының әсерінен фотокатализаторлар тиімді жұмыс істей алады, бұл әртүрлі химиялық реакцияларды жүргізу үшін күн радиациясын пайдалануға мүмкіндік береді. Екіншіден, фотокаталитикалық тотығу кез келген органикалық қосылыстарды бейорганикалық заттарға дейін бұза алады, бұл қоршаған ортаны тазарту үшін жеткілікті тиімді пайдаланылуы мүмкін.

Фотокаталитикалық материалдардың белсенділігі ультракүлгін сәулеленудің әсерінен заттардың каталитикалық ыдырауында (тотығуында) көрінеді. Толқын ұзындығы  $\lambda < 390$  нм болатын жарық квантын TiO<sub>2</sub> бөлшегінің көлемінде жұту электронның валенттілік аймағынан өткізгіштік аймағына өтуіне ықпал етеді. Қалыптасқан электрон-кемтік жұбы айқын тотығу-тотықсыздану қасиеттеріне ие және титан диоксидінің жанында немесе бетінде орналасқан әртүрлі қосылыстардың молекулаларымен әрекеттеседі.

Фотокатализаторлардың тиімділігі көбінесе материалдың дисперсиясы мен құрылымдық сипаттамаларына байланысты. Титан диоксидіне күміс нанобөлшектерін енгізу материалдың электронды және оптикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді [3,4].

Ұсынылған жұмыстың мақсаты TiO<sub>2</sub>/rGO нанокөмірдің фотокаталитикалық белсенділігіне күмістің әр түрлі концентрациядағы нанобөлшектерінің әсерін бояғышты деградациялау әдісімен зерттеу болып табылады.

Зерттелетін ерітінді 0,1 г нанокөмір - 6 мл "Метилен көк" бояғыш ерітіндісі негізінде дайындалды. Ерітінді 100 минут ішінде ультракүлгін сәулеленуге ұшырады. Тазартылған ерітіндінің сынамасын алу және оның оптикалық тығыздығын анықтау 15-20 мин аралықпен жүзеге асырылды. Зерттелетін сұйық фазаның оптикалық тығыздығын талдау Solar CM 2203 спектрофлуориметрдің көмегімен жүргізілді.