

**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

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

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

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

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

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

СЕКЦИЯ 4. НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

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

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

СЕКЦИЯ 5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

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

СЕКЦИЯ 6. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

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

КҮШТІ ЭЛЕКТРОНДЫ КОРРЕЛЯЦИЯСЫ БАР ГИБРИДТІ ГРАФЕН-ОКСИДТІ 2D МАТЕРИАЛДАР

Сатанова Б.М.¹ Қаптағай Г. Ә.² Абуова Ф.У.³

^{1,3} Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ. Қазақстан

² Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ. Қазақстан

Андатпа: Көпфункционалды гетероқұрылымдардағы 2D ван-дер-Ваальс материалдарымен өтпелі металл оксиді пленкаларының комбинациясы негізінде гибриді наноматериалдардың жаңа класының физика-химиялық сипаттамаларын зерттеуге бағытталған. Бұл тәсіл қазіргі заманғы CMOS (смор) технологиясының шектеулерін еңсеретін төмен вольтты логикалық электрондық схемаларды әзірлеудің жаңа тұжырымдамасын ұсынуға мүмкіндік береді деп күтілуде,

2D материалдары наноэлектроникадағы қосымшалар үшін перспективалы болып табылады. Өтпелі металл оксидтерінің жұқа қабықшалары көлемді материалдардың қасиеттерін сақтай алады және бірегей электронды қасиеттерге ие. Графенді наноэлектроникада мөлдір өткізгіш жабындар түрінде қолдануға болады. Жұқа оксидті пленкалар мен графенге негізделген гибриді материалдарды жасау наноэлектроника үшін түбегейлі жаңа элементтер базасын жасау мүмкіндігіне әкелуі мүмкін.

Кілт сөз: 2D материалдар, графен, наноэлектроника.

Корреляцияланған өтпелі металл оксидтеріне негізделген автономды екі өлшемді (2D) қабаттардың жаңа класын және олардың Ван-дер-Ваальс (VdW) көпфункционалды гетероқұрылымдық кәдімгі 2D материалдарымен үйлесуін құруға және сипаттауға бағытталған. 2D пленкаларында электронды корреляциямен басқарылатын жаңа стихиялық және сыртқы ауыспалы ұжымдық күйлер пайда болады, олар қазіргі vdW материалдарының функционалдығын едәуір кеңейтеді және графенмен синергетикалық байланыс түзеді. Автономды корреляцияланған 2D оксидті пленкалардың жаңа түрі олардың химиялық қасиеттері мен құрылымын атомдық деңгейде зерттей отырып, әртүрлі субстраттардағы эпитаксиалды ультра жұқа оксид қабаттарынан синтезделеді. 2D оксидті пленкалар vdW 2D материалдарына арналған детерминирленген орналастыру әдістерін қолдана отырып тасымалданады және өңделеді. Бұл оксидті пленкалардың функционалдық реакциясымен бірге бетінің бірегей реконструкцияларын және ақаулы құрылымын талдауға көп күш жұмсалады. 2D оксидті қабаттардағы ақаулар есебінен құрылымдардың атомдық, электронды, магниттік және тербелмелі қасиеттері гибриді функционалдылықтарды пайдалана отырып, қазіргі заманғы негізгі принциптік әдістерді пайдалана отырып есептелетін болады. Корреляцияланған оксидтердің жеке қабаттарын VdW 2D қабаттарымен біріктіретін гетероқұрылымдар әртүрлі технологиялық қажеттіліктер үшін функционалды перспективалық қасиеттері бар құрылымдардың мүлдем жаңа түрлерін құрайды. Осылайша, олар электрлік басқарылатын топологиялық күйлерді, спин-орбиталық индукцияланған спин күйлерін немесе асқын өткізгіштікті қоса алғанда, қазіргі VdW материалдарында жоқ теңшелетін жауаптары бар электрондық базалық күйлерді әзірлеу үшін қолданылады.

Біздің жобада әртүрлі қосылыстардың екі класын будандастыру негізінде материалдардың жаңа қасиеттерін іздеу жүзеге асырылады: өтпелі металл оксидтерінің жұқа қабықшалары және 2D VdW материалдары. Оксидтердің гетероқұрылымдары мен 2D vdW материалдарын интерфейстерде атомдық деңгейде зерттеу жүзеге асырылады және олардың функционалдық сипаттамаларына болжам жасалады. Жобаны жүзеге асырудағы маңызды қадамдардың бірі ақаулы құрылым мен бос тұрған оксид қабаттарының функционалдық қасиеттері арасындағы байланысты анықтау болып табылады. Электрондық-оптикалық қасиеттерді болжау оксидтердегі ақаулардың құрылымын сипаттауға және алдын-ала анықталған қасиеттері бар электронды құрылымдарды жасау процесінде оларды басқаруға арналған рецепттер жасауға мүмкіндік береді.

Екі өлшемді (2D) Ван-дер-Ваальс (vdW) материалдары физика мен химияда іргелі ғылымдағы қызықты мәселелерге толы жаңа дәуірді, сондай-ақ олардың атомдық масштабтағы шағын қалыңдығына байланысты үлкен технологиялық перспективаларды ашты. Графеннен басқа, қабатты vdW кристалдарынан (өтпелі металл дихалькогенидтері, қара фосфор немесе алтыбұрышты бор нитридi (h-BN) және т.б.) қабыршақтайтын басқа ультра жұқа қабықшалар белсенді түрде зерттелуде [1]. 2D қабаттары туралы заманауи түсінік бір электронды модельдерге негізделген, онда электронды аймақтардың параболалық көрінісі кейбір жағдайларда төмен энергиялы Дирак конустарымен ауыстырылады [2]. Жақында бір электронды үлгіге теориялық тұрғыдан [3] және эксперименттік тұрғыдан [4,5] сұрақ қойылған екі қабатты графен жағдайынан айырмашылығы, теориялық есептеулер Қазіргі бір қабатты 2D материалдарындағы электрондардың бір-бірін әлсіз "сезінетінін" көрсетеді [6]. Бір атомды қабаттағы спиндердің ферромагниттік реттелуіне әсіресе қол жеткізу қиын және аз қалдық магниттелуі және төмен Кюри температурасы бар жұмсақ ферромагнетиктерде ғана қол жеткізілді. [7,8]. Бұл әсерді анықтау тұрақсыз ұжымдық күйлерді тудыратын 2D қабаттарындағы көп электронды әсерлердің алғашқы белгісі болып табылады. Корреляцияланған оксидтерде табиғи түрде болатын тұрақты ұжымдық күйлерді олардың 2D қабаттарына қосу негізгі физикалық қасиеттер туралы түсінікті де, осы материалдардың технологиялық қолдану саласын да айтарлықтай кеңейтеді деп болжаймыз. Бұл жоба электронды корреляциямен басқарылатын автономды 2D оксидті қабаттардағы жаңа стихиялық және сыртқы ауыспалы ұжымдық күйлерді зерттеуге бағытталған. Өтпелі металдардың 3D оксидтері (ТМО)-тар 3d аймақтарындағы электрондар арасындағы қорғалмаған кулондық итерілу наноэлектроникада қолдануға болатын тривиальды емес кванттық күйлерді тудыруы мүмкін корреляциялық материалдардың прототиптері [9,10]. Бұл электронды күйлерді сыртқы әсерлер (электр және магнит өрістері, жарық, жылу, кернеу және т.б.) арқылы басқаруға болады, бұл әртүрлі реакцияларды тудырады. Сондықтан корреляцияланған ТМО әдеттегі 2D материалдарына қарағанда кеңірек мүмкіндіктерді ұсынады [9].

Бұл зерттеулерді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі «Өтпелі металл оксидтеріне негізделген 2D пленкаларының жаңа көп функционалды vdW құрылымдарын әзірлеу және зерттеу» гранттық қаржыландыру шеңберінде қаржыландырды.(IRN - AP14972694).

Әдебиеттер

- 1 Y. Liu. Van der Waals Heterostructures and Devices //et.al. Nature Reviews Materials.-2016. – Vol.1, -P.16042 .
- 2 R. Roldan . Theory of 2D crystals: graphene and beyond// et.al. Chem. Soc. Rev. -2017.-Vol. 4387.-P.46.
- 3 A. S. Mayorov. Interaction-Driven Spectrum Reconstruction in Bilayer Graphene //et al. Science.-2011. –Vol.333,-P. 860.
- 4 Y. Cao.Unconventional superconductivity in magic-angle graphene superlattices // et al., Nature -2018.-Vol.556,-P. 43
- 5 Y. Cao.Correlated insulator behaviour at half-filling in magic-angle graphene superlattices // et al. Nature. -2018.-Vol.556, -P.80
- 6 T. O. Wehling Strength of Effective Coulomb Interactions in Graphene and Graphite // et al. PRL.-2011.-Vol. 236805.-P. 106.
- 7 Gong, C. Discovery of intrinsic ferromagnetism in two-dimensional van der Waals crystals // et al. Nature .-2017.-Vol.546.-P. 265–269
- 8 Huang, B. Layer-dependent ferromagnetism in a van der Waals crystal down to the monolayer limit // et al. Nature.-2017.-Vol. 546, -P.270–273
- 9 Y. Tokura. Emergent functions of quantum materials // et.al. Nature Physics.-2017.-Vol. 13.-P. 1056