

Утвержден Учёным советом ИППМ РАН  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
 Институт проблем технологии микроэлектроники и  
 особо чистых материалов Российской академии наук  
 Протокол заседания Учёного совета ИППМ РАН  
 от « 8 » декабря 2014 г. № 15

План научно-исследовательской работы  
 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
 Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук  
 на 2015-2017 годы

1. Наименование государственной работы – Выполнение фундаментальных научных исследований
2. Характеристика работы

Пункт программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы и наименование направления исследований	Содержание работы	Объём финансирования, тыс. руб.			Планируемый результат выполнения работы, подразделение научного учреждения РАН и руководитель работы
		2015	2016	2017	
40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника. 43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.	Исследование эмиссии энергии ближнего поля в дальнюю волновую зону при рассеянии электромагнитной волны на малой неоднородности среды или периодической системе неоднородностей: повышение эффективности вводавывода излучения. Исследование влияния отжига резиста после экспонирования на результат электронной литографии. Исследование процессов зарождения и роста отдельных инверсных доменных областей в том числе и в периодических структурах в полярных	20 172.00	-	-	Лаб. №2, 4, 6, 18, 20, 21, 22.  Будут изготовлены лабораторные образцы структур типа «висящего мостика» над поверхностью, на обратной стороне которого падающая волна претерпевает полное внешнее отражение.  Планируется получить зависимости чувствительности и контрастности электронного резиста от температуры отжига после

"40,43.1. Физические принципы создания элементной базы нанoeлектроники, квантовых компьютеров и датчиков физических величин на основе новых свойств материалов и структур различной размерности, в том числе углеродных наноструктур." (№ 0070-2014-0001)

сегнетоэлектриках под воздействием электронного луча и внешнего электрического поля в том числе заданного с использованием АСМ на кристаллах ниобата и танталата лития различного стехиометрического состава и кристаллографической ориентации. Электронные свойства низкоразмерных структур на основе графена: гетероструктуры на основе графена, графеновый туннельный транзистор. Кинетические электронные явления, межчастичные взаимодействия и фотоэлектрические процессы в полупроводниковых наноструктурах. Развитие и применение методов просвечивающей электронной микроскопии для исследования наноструктурированных материалов, наноразмерных объектов и структур, выявление корреляции структуры и свойств. Изучение электромагнитных свойств объектов пониженной размерности. Сильнокоррелированные системы. Исследование акустоэлектрических и магнитоэлектрических свойств «лангаситов». Исследование механизма, возможности и условий применения эффекта бистабильных резистивных переключений в гетероструктурах нормальный металл - соединения оксидов в устройствах памяти и мемристорах. Исследования сверхпроводящих кольцевых периодических структур – одномерных сверхпроводящих «кристаллов». Изучение процессов переполаризации полярных сегнетоэлектриков ниобата лития и танталата лития под действием электрического поля зонда атомно-силового микроскопа для создания периодических доменных структур.

экспонирования. Планируется оценить влияние отжига после экспонирования на шероховатость электронного резиста и разрешающую способность электронной литографии. В результате выполнения работы из полярных сегнетоэлектриков планируется изготовить образцы с инвертированными доменами, на которых изучить явления, происходящие при формировании отдельных инверсных доменных областей при разных условиях приложения внешнего электрического поля, а также исследовать влияние химического состава сегнетоэлектрика на процессы зарождения и роста доменных областей. Будут изготовлены слоистые структуры на основе графена из квазидвумерных диэлектрических или полупроводниковых слоев. Будут исследованы механизмы туннельного транспорта в них. Будет разработан туннельный транзистор на основе многослойных структур с использованием графена и квазидвумерных полупроводников. Будут исследованы процессы генерации-рекомбинации и переноса носителей заряда в фотоабсорбционных слоях AlGaAs/InAs p-i-n гетероструктур со слоями квантовых точек и без таковых и их зависимости от дизайна гетеросистем. В частности, будет исследована природа обнаруженных недавно осцилляций фототока в этих системах. Будет изучено влияние многочастичных явлений на фотоэлектрические и туннельные процессы в гетеросистемах со слоями двумерных газов и квантовых точек. Будет изучен фазовый и элементный состав, атомная структура и сверхструктурное упорядочение дискретных сверхпроводящих фаз и

АФМ исследования доменов в сегнетоэлектриках, полученных с использованием РЭМ.  
Исследование роста гибридных структур - графен-углеродные нанотрубки, графен-ZnO, изготовление наноструктур и изучение электрических и оптических характеристик.  
Теоретические и экспериментальные исследования зависимостей от магнитного поля транспортных свойств асимметричных сверхпроводящих структур и структур, связанных по фазе волновой функции с целью выяснения возможности использования квантовых эффектов для создания высокочувствительных измерителей магнитного потока

их матриц, природа сверхпроводимости в наноструктурированных оксидах систем R-Ba-Cu-O (R – редкоземельный элемент). Будут изучены локальный фазовый и элементный состав, структура и типы упорядочения, выявлена взаимосвязь между структурой нестехиометрических фторидов  $R_{1-y}Ca_yF_3$  и величиной их ионной проводимости.  
Методом высокоразрешающей электронной микроскопии будет изучена структура Ni, In, Au нанопроволок, образующихся в вихрях сверхтекучего гелия из распыляемых лазером мишеней. Будет установлено влияния структуры нанопроволок на электронный транспорт.  
Будет продемонстрирована возможность создания нелинейных металлических приборов СВЧ и терагерцового диапазона на современном технологическом уровне.  
Будет создана система измерений динамических свойств областей магнитного упорядочения субмикронных размеров и изучена возможность создания ячеек памяти. Будут выработаны рекомендации для создания КВЧ детекторов, микросквидов, квантовых битов нового типа, элементов резистивной памяти и мемристоров.  
Будет исследована морфология поверхностей и дислокационной структуры эпитаксиальных слоев GaMnAs, выращенных методом осаждения из лазерной плазмы (ОЛП) на буферных подслоях GaAs и InGaAs с использованием методик растровой электронной микроскопии (РЭМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Будут исследованы магнитные свойства изготовленных слоев и изучена возможность формирования ферромагнитных включений второй фазы MnAs в

					<p>GaMnAs с помощью методов магнито-силовой микроскопии (МСМ), магнитооптической микроскопии Керра (МОМК) и гальваномагнитных измерений. Будут разработаны сверхпроводниковые детекторы различных электромагнитных величин.</p> <p>Будут получены образцы с отдельными доменами и с периодическими доменными структурами и исследовано влияние поля зонда на формирование доменных областей.</p> <p>Будут изготовлены и измерены транзисторные наноструктуры, изготовлены структуры графен-ZnO как элементы памяти.</p> <p>Будут предложены сверхпроводящие структуры, имеющие наиболее крутые зависимости критического тока от магнитного поля и структуры наиболее простые для изготовления.</p> <p>Тулин В. А.</p>
<p>40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника.</p> <p>43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.</p> <p>"40,43.2. Развитие элементной базы информационных систем на основе фундаментальных исследований новых свойств материалов и</p>	<p>Повышение внешней квантовой эффективности светоизлучающих структур.</p> <p>Теоретическое исследование возможного увеличения сверхпроводящей щели в неоднородном квазидвумерном сверхпроводнике на основе предлагаемой наноструктурной модели сверхпроводящего состояния.</p> <p>Электронные свойства низкоразмерных структур на основе графена: фотоэлектрические детекторы.</p> <p>Кинетические электронные явления, межчастичные взаимодействия и фотоэлектрические процессы в полупроводниковых наноструктурах.</p> <p>Исследования наноструктурированных материалов, наноразмерных объектов и структур,</p>	-	20 898.00	20 662.00	<p>Лаб. №2, 4, 6, 18, 20, 21, 22</p> <p>Будут изготовлены лабораторные образцы резонансных дифракционных решеток с субволновым периодом. Будет выяснено, пригодна ли предложенная наноструктурная модель сверхпроводящего состояния для описания свойств ВТСП и неоднородных тонких сверхпроводящих пленок.</p> <p>Будет исследован фотоотклик многослойных гетероструктур на основе графена.</p> <p>Будут исследованы фотоэлектрические процессы в AlGaAs наногетеросистемах с InAs квантовыми точками и в системах InP-квантовая</p>

наногетероструктур, в том числе с элементами пониженной размерности." (№ 0070-2014-0002)

выявление корреляции структуры и свойств с применением методов просвечивающей электронной микроскопии.  
Изучение электромагнитных свойств объектов пониженной размерности.  
Изучение особенностей роста и физических свойств эпитаксиальных слоев разбавленных магнитных полупроводников с напряжениями сжатия и растяжения. Исследования нано-сквидов с повышенной чувствительностью (близкой к одному магнетону Бора), новых сверхпроводящих интерферометров, сверхпроводящих резонаторов с ультранизкими потерями в области около однофотонных мощностей.  
Создание и развитие электронной базы данных с переменным форматом и возможностью веб-доступа, содержащей сведения о научных публикациях сотрудников ИПТМ РАН с 1984 по 2016 гг.

проволока/InAsP-квантовая точка и выявлены эффекты, определяющие механизмы фотодетектирования и излучения индивидуальных фотонов в них; определены физические и структурные параметры эффективности фотодетектирования.  
Будут получены данные о морфологии и кристаллической структуре металлсодержащих наночастиц с высокой каталитической активностью, магнитных и оптически активных наночастиц (наночастиц благородных металлов, оксидов железа, цинка, титана и редкоземельных элементов) в исходном дисперсном состоянии, внутри полимерных матриц, на поверхности полимерных гранул и графена. Будет установлено влияние контактирующей среды на структуру и свойства наночастиц.  
Методом высокоразрешающей электронной микроскопии будут исследованы упорядоченные мезоструктуры, построенные в процессе самоорганизации из нанопроводов или наностержней, для создания сенсорных систем для биологии и медицины на основе функциональных наноструктур.  
Будут разработаны сверхпроводниковые детекторы различных электромагнитных величин.  
Будут созданы электронная база данных публикаций (е-БДП) сотрудников ИПТМ РАН (за 1984-2016 гг.) с переменным форматом и возможностью веб-доступа без ограничения количества одновременных обращений, прикладная программа обработки данных е-БДП и методическое пособие «Краткое руководство пользователя е-БДП».  
Тулин В. А.

<p>40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника.</p> <p>43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.</p> <p>"40,43.3. Теоретическое и математическое исследование технологии, диагностики и функционирования приборов микро- и наноэлектроники, включая микро-, нано- электромеханические системы." (№ 0070-2014-0003)</p>	<p>Создание моделей формирования сигнала с целью развития подходов к количественной интерпретации измерений в методах рентгеновской флуоресцентной томографии и наведенного рентгеновским пучком тока.</p> <p>Исследование взаимодействия электронов и ионов с резистом и зарядка резиста при электронной и ионной литографии в целях увеличения производительности и разрешения литографических процессов.</p> <p>Создание программного комплекса для разработки технологии и зондовой диагностики импульсных суперконденсаторов микронных размеров на основе твердых электролитов.</p> <p>Компьютерное исследование физических механизмов бистабильных резистивных переключений в гетероструктурах на основе оксидов и селенидов металлов.</p> <p>Разработка научно-технологических основ, изготовление макетов и проведение исследований влияния состава и строения на свойства эпитаксиальных TMR-структур (FeMn/Fe/Mg/MgO/Fe).</p> <p>Разработка научно-технологических основ, изготовление макетов и проведение исследований влияния состава и строения на свойства спин-инжекционных генераторов терагерцевого излучения (на основе Fe, FeMn, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).</p>	<p>9 758.00</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Лаб. №1, 2, 3</p> <p>Будут разработаны модели количественной интерпретации рентгеновской флуоресцентной томографии и наведенного рентгеновским пучком тока, построены численные алгоритмы; количественно (экспериментально и теоретически) охарактеризованы зоны взаимодействия заряженных частиц с резистами; продемонстрирована возможность стереолитографии; разработаны методы подавления зарядки резистов.</p> <p>Будет выполнено обобщение структурно-динамического подхода на разупорядоченные твердотельные ионные проводники, нанокомпозиты твердых электролитов и системы параллельно подключенных гетеропереходов. Будет выполнен поиск эффектов умножения частоты в наноструктурах твердых электролитов путем дизайна профиля потенциального рельефа.</p> <p>Для диагностики новых приборов с быстрым ионным транспортом элементной базы наноэлектроники и микросистемной техники будет разработан опытный аппаратно-программный комплекс, решающий обратную задачу определения структуры функциональных гетеропереходов по импедансным характеристикам.</p> <p>Будут разработаны эффективные численные алгоритмы для моделирования бистабильных резистивных переключений в гетероструктурах на</p>
---	--	-----------------	----------	----------	--

					основе различных оксидных соединений и топологических изоляторов. Технологический маршрут, рабочие макеты, результаты исследования, научные публикации и патенты по разработке научно-технологических основ эпитаксиальных наноструктур из металлов для создания эпитаксиальных полосковых резонаторов с высокой добротностью, эпитаксиальных ТМР-структур с когерентным туннелированием электронов и эффективных генераторов терагерцевого излучения, включая новый прибор - твазер. Зайцев С. И.
40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника. 43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.  "40,43.4. Теоретические основы технологии и моделирование изготовления, диагностики и функционирования приборов микро- и наноэлектроники." (№ 0070-2014-0004)	Развитие структурно-динамического подхода наноионики к описанию процессов быстрого ионного транспорта в новых типах приборов наноэлектроники и микросистемной техники. Моделирование кристаллической структуры и свойств новых наноматериалов и гетероструктур с быстрым ионным транспортом. Теоретическое обоснование методов, создание и численная реализация алгоритмов для решения задачи реконструктивной компьютерной томографии в схемах с увеличением. Разработка научно-технологических основ, изготовление макетов и проведение исследований влияния состава и строения на свойства эпитаксиальных полосковых резонаторов из Nb и Mo.	-	10 112.00	9 997.00	Лаб. №1, 2, 3  Будет разработан алгоритм кристаллохимического поиска туннелей быстрого ионного транспорта в твердых электролитах и гетеропереходах на их основе. Будут выявлены базовых принципы модификации поверхности электронных и ионных проводников с помощью углеродных наноструктур и построены модели функциональных гетеропереходов. Будут выполнены расчеты влияния механических напряжений на профиль потенциального рельефа и характеристики гетеропереходов с быстрым ионным транспортом. Создание программных комплексов для решения задачи реконструктивной компьютерной томографии. Верификация вычислительных и физических моделей. Построение модели формирования наблюдаемых проекций в

					<p>геометрии конусного пучка при зондировании монохроматическим и белым пучком. Создание алгоритма реконструкции для работы с проекциями при ограниченной области наблюдения в параллельной схеме.</p> <p>Будут разработаны научно-технологические основы технологии, изготовлены макеты и проведены исследования влияния состава и строения на свойства эпитаксиальных полосковых резонаторов из Nb и Mo.</p> <p>Зайцев С. И.</p>
<p>40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника.</p> <p>"40.5. Исследование физических основ и разработка технологии элементной базы сенсорной наноэлектроники и наноструктур СВЧ и ТГц диапазонов." (№ 0070-2014-0005)</p>	<p>Создание физико-технологических основ и разработка белых светодиодов на основе двухцветных гетероструктур InAlGaN с квантовыми точками.</p>	4 229.00	-	-	<p>лаб. №7</p> <p>Предполагается создание образцов белых светоизлучающих диодов (СИД) с периодически структурированными контактами на основе гетероструктур InAlGaN с квантовыми точками. Демонстрация повышения КПД СИД за счет экстракции светового излучения через трансформирующие периодически структурированные контакты.</p> <p>Шаповал С. Ю.</p>
<p>40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника.</p> <p>"40.6. Физические и технологические</p>	<p>Разработка технологии изготовления сенсоров ТГц излучения.</p>	-	4 383.00	4 332.00	<p>лаб. №7</p> <p>Будут созданы образцы сенсоров ТГц излучения с откликом не менее 1000 В/Вт в диапазоне частот 0,5-5 ТГц.</p> <p>Будет разработана методика диагностики плазмы крови больных хроническим панкреатитом,</p>

<p>основы сенсорной наноэлектроники и приборов ТГц диапазона." (№ 0070-2014-0006)</p>					<p>обеспечивающая идентификацию псевдокист, кальциатов или фиброза. Будет изготовлена установка ЭЦР-плазменной эпитаксии широкозонных полупроводников. Шаповал С. Ю.</p>
<p>43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.  "43.7. Физико-химические основы перспективных технологий формирования приборных структур наноэлектроники, нанофотоники и энергетики на базе атомных, молекулярных, ионных пучков и плазмы." (№ 0070-2014-0007)</p>	<p>Получение наноразмерных слоев атомов бора в кремнии методом низкотемпературной имплантации атомов отдачи. Исследование особенностей образования радиационных дефектов при низкотемпературной ионной имплантации. Исследование процессов низкотемпературного ионного легирования алмаза ионами азота с целью создания NV центров Исследование, анализ и разработка метода вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) в условиях охлаждения жидким азотом анализируемых образцов. Разработка катализаторов на основе оксидов переходных металлов реакции гидролиза амминборана. Подбор материала для пластин микроканального реактора. Определение оптимальных условий гидролиза амминборана с целью получения заданных количеств водорода.</p>	<p>6 588.00</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Лаб. №8, №24  В наноразмерных слоях атомов бора в кремнии, полученных методом имплантации атомов отдачи, будут исследованы распределения сопутствующих данному методу примесей атомов углерода и фтора. Будет создана установка для получения мелко залегающих(30-70 нм) слоев атомов бора методом имплантации атомов отдачи. Будет исследовано влияние температуры и химической природы иона на образование вторичных радиационных дефектов при ионной имплантации в Si И GaAlN. Будут оптимизированы энергия, дозы и плотности ионного тока для получения прецизионных структур NV центров в алмазе. Будут установлены количественные закономерности изменений атомных, молекулярных однозарядных вторичных ионов и двухзарядных вторичных ионов для криогенных температур мишеней в методе ВИМС Будут разработаны катализаторы на основе оксидов кобальта, железа и др.; определены кинетические параметры процесса гидролиза амминборана. Будут подобраны материалы для пластин микроканального реактора. Вяткин А. Ф.</p>

<p>43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.</p> <p>"43.8. Развитие нанотехнологий наноэлектроники, нанофотоники и энергетики на базе высокоэнергетических концентрированных пучков ионов." (№ 0070-2014-0008)</p>	<p>Разработка физических основ методов прецизионного (на уровне десятков нанометров) фрезерования, травления, легирования материалов и структур микро- и нано-электроники с помощью остросфокусированных ионных пучков с целью формирования уникальных приборных структур. Изучение влияния размера и формы каналов на эффективность низкотемпературной конверсии этанола. Разработка методов нанесения катализатора на стенки каналов. Изучение кинетики конверсии этанола в реакторе с водородсепарирующей мембраной. Конструирование, испытание ПТП и определение условий оптимальной работы.</p>	-	6 826.00	6 748.00	<p>Лаб. №8, №24</p> <p>Будут разработаны методы прецизионного структурирования и легирования материалов с помощью остросфокусированных ионных пучков, изготовлены уникальные приборные структуры. Будет изучено влияние размера и формы каналов на эффективность низкотемпературной конверсии этанола; разработаны методы нанесения катализатора на стенки каналов; изучена кинетика конверсии этанола в реакторе с водородсепарирующей мембраной; изготовлены портативные топливные процессоры.</p> <p>Вяткин А. Ф.</p>
<p>40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника.</p> <p>41. Опто-, радио- и акустоэлектроника, оптическая и СВЧ-связь, лазерные технологии.</p> <p>43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.</p> <p>"40,41,43.9. Разработка физико-химических основ</p>	<p>Разработка методов газофазного синтеза и легирования низкоразмерных полупроводниковых и углеродных материалов.</p> <p>Разработка тестовых кристаллов, содержащих чувствительные элементы датчиков температуры и магнитного поля различной топологии и конструкций, изготовление экспериментальных образцов. Исследование перспективных монокристаллов семейства кальций галло-германата: <math>La_3Ga_5.5Ta_{0.5}O_{14}</math>, <math>Ca_3TaGa_3Si_2O_{14}</math>, <math>Sr_3NbGa_3Si_2O_{14}</math>, <math>Sr_3NdGa_3Si_2O_{14}</math>) для акустоэлектроники</p> <p>Изучение процессов прямой переполаризации сегнетоэлектрических монокристаллов <math>LiNbO_3</math> и <math>LiTaO_3</math> методами электроннолучевой литографии и атомно-силовой микроскопии для создания</p>	40 582.00	-	-	<p>лаб. № 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 22, 23, 27</p> <p>Будут изучены физико-химические особенности взаимодействия нанокристаллов оксида цинка с парами металлов и солей.</p> <p>Будут разработаны методики определения концентраций легирующих элементов в нанокристаллах оксида цинка. Будут изучены сорбционные свойства низкоразмерных углеродных структур применительно к их использованию в качестве материала газовых и жидкостных сенсоров.</p> <p>Будут исследованы структуры элементарной ячейки неупорядоченных кристаллов <math>La_3Ga_5SiO_{14}</math>, <math>La_3Ga_5.5Ta_{0.5}O_{14}</math> и упорядоченных</p>

материаловедения, технологии и диагностики материалов и структур микро- и нанoeлектроники, микросистемной техники, акусто- и оптоэлектроники и микрофотоники." (№ 0070-2014-0009)

периодических доменных структур с размерами доменов от 10 микрометров до 10 нанометров  
Развитие методов зондовой микроскопии и спектроскопии для анализа атомной структуры и свойств микро и нано-доменных ансамблей в пьезоэлектрических кристаллах и новых явлений дефектообразования в алмазной решетке  
Теоретическое и экспериментальное исследование рассеяния электромагнитного излучения на резонансных упорядоченных и разупорядоченных микро - и наноструктурах и кластерах частиц  
Создание высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) нового поколения с зарядовой подкачкой  
Создание лазерных люминофоров нового типа с повышенной яркостью свечения.  
Создание фотонных атомов на основе монокристаллических сферических образцов различных оксидов, легированных редкими землями и квантовыми точками.  
Исследование механизмов формирования зародышей преципитатов на примере преципитатов меди в кремнии.  
Изучение кинетики реакций между дефектами при электронном облучении кремния, легированного быстродиффундирующими примесями.  
Исследование взаимодействия примесей металлов с протяженными дефектами в кремнии.  
Исследование естественных полигетеротипных квантовых ям – дефектов упаковки в гексагональном SiC.  
Исследование влияния облучения в РЭМ на оптические свойства структур с множественными квантовыми ямами InGaN/GaN и наностолбиков на их основе.

кристаллов  $\text{Ca}_3\text{TaGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ ,  $\text{Sr}_3\text{NbGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ ,  $\text{Sr}_3\text{NdGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ ,  
исследовано структурное совершенство кристаллов, измерены независимые пьезоэлектрические константы  $d_{11}$  и  $d_{14}$ , измерены скорости поверхностных, псевдоповерхностных и объемных акустических волн, измерены углы сноса потока акустической энергии в основных акустических срезах. В диапазоне температур  $20\text{--}600^\circ\text{C}$  будут исследованы температурные характеристики пьезоэлектрических констант  $d_{11}$  и  $d_{14}$ , скоростей поверхностных, псевдоповерхностных и объемных акустических волн.  
Методом электронно-лучевой литографии и атомно-силовой микроскопии в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  и  $\text{LiTaO}_3$  сформированы  $180^\circ$  доменные структуры с шириной доменов от 10 мкм до 50 нм. Процесс переполаризации и структура доменных границ исследованы методами Рамановской спектроскопии, рентгеновской EXAFS-спектроскопией, с помощью эффекта Тальбота на источнике синхротронного излучения. Будет исследован процесс генерации поверхностных и объемных акустических волн доменными структурами в кристаллах  $\text{LiNbO}_3$  и  $\text{LiTaO}_3$ .  
Методом рентгеновского наведенного тока будут изучены электрически активные дефекты в полупроводниковых кристаллах (Si, Ge, SiC). Методом рентгеновской микроскопии с использованием фокусирующей зоны оптики Френеля исследовано структурное совершенство кристаллов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{LiNbO}_3$  (блочная и зонная структура, двойники, доменные структуры).

Исследование эффектов зарядки массивных и пленочных диэлектриков под воздействием электронного облучения.

Систематические исследования закономерностей формирования доменов и регулярных доменных структур в кристаллах ниобата лития при записи сфокусированным-электронным лучом в РЭМ, исследование кинетики формирования и релаксации микродоменов.

Развитие количественных методов характеристики элементной базы микро- и нанoeлектроники на основе методов тока, индуцированного электронным, рентгеновским и световым пучками.

Исследования по разработке диагностических методов электронной спектроскопии в растровом электронном микроскопе.

Исследование пленочных гетероструктур кремний/диэлектрик/металл/пьезоэлектрик и процессов их роста при ионно-плазменном распылении.

Сопоставительное изучение процессов роста гетероструктур с различными металлическими слоями (Pt, Ir) на монокристаллическом и окисленном кремнии.

Изучение электрических и механических свойств гетероструктур с различающимися металлическими и диэлектрическими слоями.

Изготовление опытных образцов пленочных микрореле.

Новые кристаллические материалы на основе галогенидов металлов для создания элементов и структур ИК оптики среднего диапазона.

Разработка методов локального и объемного определения элементного и изотопного состава различных веществ с использованием

Методами АСМ микроскопии и спектроскопии исследованы тонкие эффекты поляризации и свойства доменных границ в пьезоэлектрических микро- и наноструктурах. Изучены методами АСМ, ТЕМ и РЭМ свойства нового типа дефектов в ковалентной решетке и условия образования и некоторые свойства гексагональной (2H) модификации кремния.

Будет изучен физический механизм появления магнитных свойств у случайного кластера малых немагнитных частиц при рассеянии на кластере электромагнитного излучения; исследован вклад в эффективную магнитную проницаемость случайного кластера малых частиц электрического и магнитного рассеяния различной мультипольности на сферических частицах; рассчитаны частотные диапазоны динамического магнетизма случайных кластеров частиц кремния и золота; дано теоретическое описание возбуждения оптических мод низкоразмерных кластеров диэлектрических частиц на основе метода уравнения Дайсона и квази - сепарабельного Т - оператора рассеяния исследованы спектры отражения/прохождения ограниченных дифракционных решеток. Будут разработаны процессы для формирования центров зарядовой подкачки в базовой области ФЭП и изготовление солнечных элементов (СЭ) с зарядовыми насосами; исследованы различные структуры зарядовых насосов и их влияние на световые характеристики СЭ.

На основе теоретического моделирования и расчета изолированных фотонных мод трехмерных оптических сферических резонаторов будут

масс-спектрометрии и атомной эмиссии с индуктивно связанной плазмой.

Разработка методов и оборудования на основе сканирующих остросфокусированных электронных пучков для диагностики и литографии микро- и наноструктур

Разработка методов размерной двухмерной и трехмерной РЭМ метрологии высокого разрешения

Исследование характеристик автоэмиссионных источников ионов и электронов.

Повышение качества РФА ПВО ионопучковой диагностики приповерхностных слоев материалов за счет разработки более совершенных конструкций волноводов-резонаторов.

Рентгеновские планарные преломляющие линзы и интерферометры на их основе для локального анализа и диагностики наноматериалов и наноструктур.

созданы эффективные излучающие монодисперсные размерно квантованные порошковые люминофоры в красной и фиолетовой областях спектра.

Будут исследованы условия и кинетики взаимопревращений комплексов меди с учетом температуры, концентрации и зарядового состояния подвижных частиц и получены данные о механизмах формирования зародышей преципитатов

Будет оценен фундаментальный параметр - коэффициент диффузии моновакансий в кремнии при комнатной температуре. Будут выявлены дефекты, определяющие параметры солнечных элементов, и намечены пути уменьшения их влияния.

Будут получены данные о механизмах формирования и электрических и оптических свойствах дефектов упаковки. Будут выявлены механизмы влияния электронов низкой энергии на оптические свойства структур с квантовыми ямами. Будут установлены критические энергии облучающих электронов, при которых эффекты зарядки минимизируются, что важно в практических применениях в электронно-зондовой литографии и на космической аппаратуре.

Будут выявлены оптимальные экспозиционные режимы записи регулярных доменных структур электронным лучом в кристаллах ниобата лития с разной дефектной структурой. Будет проведен анализ механизмов переключения при воздействии сфокусированного электронного луча на кристаллы ниобата лития

Будут определены режимы роста гетероструктур с высокими электрическими параметрами

					пьезоэлектрического слоя: остаточная поляризация $P_r > 20$ мкК/см <sup>2</sup> , коэрцитивное поле $E_c$ Аристов В. В.
40. Элементная база микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров, материалы для микро- и наноэлектроники, нано- и микросистемная техника, твердотельная электроника. 41. Опто-, радио- и акустоэлектроника, оптическая и СВЧ-связь, лазерные технологии. 43. Нанотехнологии, нанобиотехнологии, наносистемы, наноматериалы, нанодиагностика, наноэлектроника и нанофотоника.  "40,41,43.10. Получение новых перспективных материалов, развитие методов диагностики материалов и структур микро- и наноэлектроники." (№ 0070-2014-0010)	Развитие методов газофазного синтеза низкоразмерных материалов. Разработка теоретических моделей основных электрических характеристик чувствительных элементов датчиков температуры и магнитного поля. Исследование влияния радиации на диэлектрик-полупроводник и барьер Шоттки –полупроводник структуры. Развитие рентгеновской микротомографии, микрофлуоресцентной микроскопии, метода рентгеновского наведенного тока для исследования структурного совершенства, элементного состава и свойств элементной базы микро- и наноэлектроники Теоретическое и экспериментальное исследование рассеяния электромагнитного излучения на резонансных упорядоченных и разупорядоченных микро - и наноструктурах и кластерах частиц Создание высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) нового поколения с зарядовой подкачкой Создание лазерных люминофоров нового типа с повышенной яркостью свечения. Развитие количественных методов характеристики элементной базы микро- и наноэлектроники на основе методов тока, индуцированного электронным, рентгеновским и световым пучками. Исследования по разработке диагностических методов электронной спектроскопии в растровом электронном микроскопе.	-	42 049.84	41 573.56	лаб. № 4, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 22, 23, 27  Будут изучены физико-химические закономерности роста легированных нанокристаллов оксида цинка при газофазном осаждении в присутствии легирующего компонента. Будет предложена теоретическая модель и созданы, экспериментальные образцы чувствительных элементов датчиков температуры и магнитного поля различной топологии и конструкций. Будут изготовлены фазовые зонные пластинки Френеля скользящего падения для фокусировки рентгеновского излучения с размером фокуса ~1 мкм. Будет исследован элементный состав и распределение примесей в материалах и реальных структурах микро- и наноэлектроники с использованием френелевской зонной оптики и поликапиллярной оптике (методы рентгеновского наведенного тока, микрофлуоресцентного анализа). Будут исследованы свойства дискретных оптических волноводов из малых частиц на основе квази - сепарабельного T - оператора рассеяния; исследован вклад резонансного взаимодействия между плазмонными частицами внутри ячейки электромагнитного кристалла в его эффективную магнитную проницаемость; изготовлены

Новые кристаллические материалы на основе галогенидов металлов для создания элементов и структур ИК оптики среднего диапазона.

Исследование экстракционных и экстракционно-хроматографических свойств новых фосфор- и сера- содержащих органических реагентов.

Рентгеновские планарные преломляющие линзы и интерферометры на их основе для локального анализа и диагностики наноматериалов и наноструктур.

лабораторные образцы сплошных полосковых волноводов с одномерными дифракционных решетками на основе кремния; изготовлены лабораторные образцы дискретных оптических волноводов из малых частиц на основе кремния; изготовлены лабораторные образцы плазмонных частиц и их кластеров на основе кремния; изготовлены лабораторные образцы низкоразмерных структур из резонансных частиц, интегрированных на подложках с волноводами для возбуждения индивидуальных частиц.

разработано и оптимизировано конструктивно-технологическое исполнение СЭ наземного применения с зарядовыми насосами методами дефектно-примесной инженерии Будет проведено исследование кристаллической структуры и эмиссионных свойств наночастиц сферической формы размером от 100 нм до 500 нм различных оксидных люминофоров  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  и  $\text{Lu}_2\text{O}_3$ , полученных методом осаждения из раствора.

Спектроскопия в отраженных электронах позволит разработать метод определения толщин пленочных оптически непрозрачных, однородных по геометрии (без ступенек) плоских покрытий с нанометровым пространственным разрешением, в том числе по глубине. Спектроскопия во вторичных электронах позволит разработать метод высоколокальной, высокочувствительной визуализации распределения легирующих примесей в полупроводниковых кристаллах с количественным определением степени легирования в диапазоне  $10^{16}$  -  $10^{20}$  см<sup>-3</sup>. Будет изучено поведение примесей ионов РЗЭ и переходных металлов в кристаллах твердых

					<p>растворов галогенидов серебра для создания наноструктурированных световодов среднего ИК диапазона спектра.</p> <p>Будет изучено межфазное распределение микроколичеств Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb и Lu между водными растворами различных кислот и растворами новых фосфор- и сера замещенного органических реагентов в различных органических растворителях. Будет определена стехиометрия экстрагируемых комплексов, рассмотрено влияние концентрации кислот в водной фазе и природы органического растворителя на эффективность перехода ионов металлов в органическую фазу. Будут теоретически и экспериментально исследованы особенности работы и оптические характеристики 30-ти линзового интерферометра; разработаны новые и модернизированы имеющиеся компьютерные программы численного моделирования формирования интерференционной структуры волнового поля излучения в многолинзовом интерферометре; исследованы особенности плазменного травления кремния при криогенных температурах как метода, позволяющего уменьшить степень шероховатости преломляющих поверхностей линз. На основе преломляющих линз и интерферометров будут развиты методы локального анализа и диагностики наноматериалов и наноструктур, метрологии и диагностики источников синхротронного излучения и лазеров на свободных электронах.</p> <p>Аристов В. В.</p>
	Косвенные расходы	60 288.44	59 027.00	52 215.38	

	Итого	141 617.44	143 295.84	135 527.94
--	-------	------------	------------	------------

*ВРИО* Директора

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт проблем технологии микроэлектроники и

особочистых материалов Российской академии наук



*Туллин В.А.*