

Форма сбора сведений, отражающая результаты научной деятельности
организации в период с 2015 по 2017 год,
для экспертного анализа

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр Южный научный центр
Российской академии наук»
ОГРН: 1036168007105

I. Блок сведений об организации

п/п	Запрашиваемые сведения	Характеристика
РЕФЕРЕНТНЫЕ ГРУППЫ ОРГАНИЗАЦИИ		
1	Тип организации	Научная организация
2	Направление деятельности организации	3. Общая физика Все дальнейшие сведения указываются исключительно в разрезе выбранного направления.
2.1	Значимость указанного направления деятельности организации	11%.
3	Профиль деятельности организации	I. Генерация знаний
4	Информация о структурных подразделениях организации	«Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН) создан 27 декабря 2017 г. в результате реорганизации в форме присоединения Института аридных зон ЮНЦ РАН и Института социально-экономических и гуманитарных исследований ЮНЦ РАН к Южному научному центру РАН. Процесс реорганизации запущен в сентябре 2016 г. В 2015-2017 г. ЮНЦ РАН, ИАЗ ЮНЦ РАН и ИСЭГИ ЮНЦ РАН являлись самостоятельными юридическими лицами, которых объединяет общая история (в 2009 г. они были выделены из ЮНЦ РАН) давние тесные научные связи и совместные исследования и разработки. В 2015-2017 г. известный ученый-океанолог и геоэколог академик Г.Г. Матишов – председатель Центра и руководитель ряда научных направлений и проектов. По

		<p>результатам оценки эффективности деятельности 2013-2015 г. ЮНЦ РАН был отнесен к организациям 1 категории.</p> <p>Комплексные междисциплинарные исследования по направлению «Общая физика» в 2015–2017 гг. осуществлялись совместными усилиями и в тесной кооперации 2 структурных подразделений Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН).</p> <p>Отдел физики и астрономии, Отдел нанотехнологий, солнечной энергетики и энергосберегающих технологий (научн. рук. ак. Ю.Ю. Балега)</p> <p>Цель – Создание и исследование гетероструктур, многослойников и сверхрешеток нелинейных диэлектриков с различной симметрией, где ожидается максимальное проявление деформационной и доменной инженерий, приводящие к возникновению новых свойств, на базе которых можно реализовать принципиально новые устройства функциональной электроники нового поколения, фотоники и возобновляемой энергетики</p> <p>Задачи и направления деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка технологического решения создания гетероструктур на основе наноразмерных сегнетоэлектрических пленок с высоким структурным совершенством на диэлектрических, полупроводниковых и металлических подложках. • Развитие методов диагностики наноструктурированных материалов с использованием рентгеноструктурного анализа, комбинационного рассеяния света, диэлектрической, электронной и атомной силовой микроскопии; • Определение взаимосвязей между кристаллическим строением новых функциональных материалов и их физическими свойствами в нанокристаллических состояниях; • Исследование физических свойств сегнетоэлектриков и родственных материалов во взаимосвязи с их реальной структурой, структурными и морфотропными фазовыми переходами; • Разработка физических основ технологии создания наноразмерных сегнетоэлектрических пленок на кремниевых подложках. • Изучение особенностей сегнетоэлектрического состояния в тонких пленках и механизмов переключения спонтанной поляризации. • Разработка и создание высокоскоростных волоконно-оптических лазерных и фотодиодных
--	--	---

		<p>модулей на основе гетероструктур InGaAs/InP для радиолокационных станций с активной фазированной антенной решеткой бортового и наземного применения;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка научно-технических решений по выращиванию многокомпонентных наногетероструктур для устройств фотоники; • Разработка физических основ получения полупроводниковых наногетероструктур для фоточувствительных устройств нового поколения; • Разработка физических основ получения и функционирования фотоэлектрических преобразователей.
5	Информация о кадровом составе организации	<p>- общее количество работников организации; 2015 г. – 354 2016 г. – 355 2017 г. – 343</p> <p>- общее количество научных работников (исследователей) организации: 2015 г. – 242 2016 г. – 239 2017 г. – 221</p> <p>- количество научных работников (исследователей), работающих по выбранному направлению, указанному в п.2: 2015 г. – 21 2016 г. – 24 2017 г. – 21</p>
6	Показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации	<p>В рамках данного направления ЮНЦ РАН является лидером в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, а в ряде случаев – в России. Кроме публикаций в профильных журналах и изданиях (более 150 научных работ), научные компетенции ЮНЦ РАН подтверждаются выполнением фундаментальных научных проектов и договорных работ с организациями России, разрабатывающими высокотехнологическую продукцию. Проводимые в ЮНЦ РАН исследования были неоднократно поддержаны государственными научными фондами РФФИ и РНФ (более 10 проектов). Сотрудники принимают активное участие с докладами на профильных международных конференциях. Разработанная в ЮНЦ РАН технологическая установка позволяет создавать многослойные (включая сверхрешетки) гетероструктуры за счет новых механизмов роста пленок, приводящих к атомарно-гладкой поверхности. Это открывает возможность</p>

		<p>использования малых диэлектрических зазоров в планарном конденсаторе. Данное направление может привести к созданию принципиально нового класса фазированных антенных решёток (ФАР). Стоимость технологической установки в 30 раз меньше зарубежных аналогов.</p> <p>Образцы созданных в ЮНЦ РАН сегнетоэлектрических пленок имеют существенное преимущество перед зарубежными аналогами. Получены гетероструктуры с толщиной пленки менее 18 нм, на которых созданы макеты работающих фазовращателей при управляющем напряжении 12 В (основной элемент новых антенн). Такой результат в настоящее время недостижим для зарубежных научных центров.</p> <p>Разработанные лабораторные макеты технологической установки по созданию гетероструктур на основе сегнетоэлектрических пленок с высоким структурным совершенством позволяет создавать ряд аналоговых оптических модуляторов для волоконно-оптических линий связи, работающие на частотах свыше 40 ГГц.</p> <p>Гетероэпитаксиальные пленки сегнетоэлектриков на диэлектрических подложках (MgO, LaAlO₃) позволяют при планарной топологии электродов в едином чипе изготавливать как оптическую, так и СВЧ структуру.</p> <p>Параметры разработанных в ЮНЦ РАН вариантов фазовращателя превосходят характеристики лучших на сегодня зарубежных аналогов (Glenn Research Center (NASSA), Argonne National Laboratory - ведущие в США разработчики управляемых устройств СВЧ диапазона для мобильных систем связи).</p> <p>В направлении получения функциональных материалов на основе полупроводниковых материалов разработан метод ионно-лучевого осаждения тонких пленок и структур. Выращены гетероструктуры InAs/GaAs с квантовыми точками и чувствительные в ближней инфракрасной области спектра. Установлено, что изменение спектра чувствительности гетероструктур InAs/GaAs с квантовыми точками в пределах 100-120 мэВ можно осуществлять выбором материалов потенциальных барьеров, за счет изменения механизма оптических переходов. Этот показатель соответствует мировому уровню, но достигается более простым технологическим способом. Полученные результаты могут быть использованы в разработке многоцветных фотодетекторов.</p>
--	--	---

	В ЮНЦ РАН синтезированы изопараметрические гетероструктуры (независимое изменение ширины запрещенной зоны от параметра кристаллической решетки) из жидкой фазы на основе тонких пленок пятикомпонентных полупроводников на бинарных подложках GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb, которые перекрывают широкий спектральный диапазон длин волн 0,8-5 мкм. В настоящее время зарубежные аналоги гетероструктур на основе тонких пленок пятикомпонентных твердых растворов отсутствуют.
--	---

II. Блок сведений о научной деятельности организации
(ориентированный блок экспертов РАН)

п/п	Запрашиваемые сведения	Характеристика
НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОРГАНИЗАЦИИ		
7	Наиболее значимые научные результаты, полученные в период с 2015 по 2017 год.	<p>1. Впервые с использованием метода высокочастотного распыления созданы гетероструктуры $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Nb_2O_6$ высокого структурного совершенства при слоевом механизме роста на (100) MgO. Установлено, что деформация элементарной ячейки в монокристаллических пленках толщиной от 4 нм до 700 нм остается постоянной. Гетероструктуры $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Nb_2O_6$ / MgO могут найти широкое применение при разработке сверхскоростных (> 40 ГГц) микрополосковых оптических модуляторов.</p> <p>2. Впервые созданы сверхрешетки на основе пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ и $Ba_{0.4}Sr_{0.6}TiO_3$ с критической толщиной 11.5 нм каждого слоя на подложке (001) MgO. Установлено, что в таких гетероструктурах происходит ужесточение мягкой моды $E(TO)$ с 79 до 98 cm^{-1}, а переход из сегнетоэлектрической в параэлектрическую фазу в сверхрешетке происходит при температуре 350К.</p> <p>3. Исследованы влияние механизмов роста на деформацию ячейки и связанное с этим изменение свойств монокристаллических пленок $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$, выращенных на подложках MgO по механизмам роста Франка–Ван дер Мерве и Вольмера–Вебера. Показано, что деформация ячейки существенно зависит от толщины пленки и в значительной мере определяется механизмами роста. Установлено, что в рамках одной пары пленка-подложка можно варьировать напряжения в пленке от двумерно-растягивающих до сжимающих за счет изменения механизмов роста и толщины пленки. Разработаны и созданы электронно-</p>

	<p>перестраиваемые фазовращатели и фильтры при управляющем напряжении 12 В в диапазоне частот 17-32 ГГц. В основу этих устройств положен новый эффект, обнаруженный нами, суть которого состоит в том, что в монокристаллических пленках $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ (BST) при толщине меньше критической (70 нм) происходит существенное увеличение диэлектрической проницаемости и повышение коэффициента управляемости при внешнем полевом воздействии.</p> <p>4. На основе тонких (30 -100 нм) гетероэпитаксиальных пленок $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ созданы пьезо-электрические преобразователи на поверхностных акустических волнах. Обосновано, что применение в качестве активных элементов подобных приборов тонких сегнетоэлектрических пленок с электрически переключаемым направлением поляризации способно вдвое повысить рабочую частоту устройств. Обнаружено, что чувствительность подобных устройств может изменяться в широком диапазоне при приложении к электродам встречно-штыревого преобразователя внешнего смещающего напряжения. Установлено, что вместе с четными гармониками пленочные преобразователи способны генерировать и нечетные, включая первую. Подобное нетрадиционное поведение пленочных гетероэпитаксиальных структур объясняется с точки зрения существования тангенциальной в плоскости подложки составляющей спонтанной поляризации. Показано, что преобразователи на основе пленок титаната бария-стронция способны генерировать и регистрировать поверхностные волны и без внешнего поля. Подобная униполярность, в свою очередь, может быть обусловлена присутствием в сегнетоэлектрической пленке аа-фазы.</p> <p>5. Исследованы влияние механизмов роста на деформацию ячейки и связанное с этим изменение свойств монокристаллических пленок $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$, выращенных на подложках MgO по механизмам роста Франка-Ван дер Мерве и Вольмера-Вебера. Показано, что деформация ячейки существенно зависит от толщины пленки и в значительной мере определяется механизмами роста. Установлено, что в рамках одной пары пленка-подложка можно варьировать напряжения в пленке от двумерно-растягивающих до сжимающих за счет изменения механизмов роста и толщины пленки.</p> <p>6. Впервые показано, что в гетероструктуре</p>
--	---

		<p>$Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3 - MgO$ переключение 90 градусных доменов происходит за время 0.5 пс, а учитывая отсутствие дисперсии до частоты 1.5ТГц для таких гетероструктур установленное нами ранее открывает широкие возможности для создания электронно-перестраиваемых устройств миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.</p> <p>7. Проведены предварительные эксперименты по получению и исследованию квантово-размерных наногетероструктур Ge-QD/Si(001) и InAs/GaAs(001) с квантовыми точками. Установлено, что повышение температуры подложки при ионно-лучевой кристаллизации германия на кремнии в диапазоне 450–650 °С при постоянном токе пучка 120 мкА и энергии ионов 150 эВ приводит к увеличению средних размеров nanoостровков с 15 до 35 нм, поверхностная плотность 1011 см⁻². Разработаны методики исследования характеристик фотоактивных гетероструктур с квантовыми точками в активных областях. Предложена методика электронно-стимулированного наращивания углеродных nanoострий на стандартные зонды атомно-силовых микроскопов, что позволяет повысить точность атомно-силовой микроскопии. Разработаны методики исследования состава, структуры и свойств нанокристаллических, микрокристаллических и монокристаллических пленок алмазоподобных материалов: Diamond, SiC и AlN.</p> <p>8. Разработан лабораторный регламент получения квантово-размерных гетероструктур AlV и AlIBV. Лабораторный регламент предназначен для получения экспериментальных образцов фотоэлектрических преобразователей на основе наногетероструктур InAs/GaAs и Ge/Si с квантовыми точками, полученных методом ионно-лучевой кристаллизации. Разработан лабораторный регламент осаждения из газовой фазы гетероэпитаксиальных пленок алмаза на кремнии и карбида кремния на кремнии. Лабораторный регламент предназначен для получения экспериментальных образцов Diamond/Si и SiC/Si. Разработан лабораторный регламент синтеза гетероструктур AlN/SiC/Si. Лабораторный регламент предназначен для получения на подложках кремния гетероэпитаксиальных пленок AlN/SiC.</p> <p>9. Исследованы фотоэлектрические свойства</p>
--	--	--

		<p>многослойных квантово-размерных гетероструктур. Изучены спектральные зависимости внешнего квантового выхода наноструктур InAs/GaAs с промежуточной энергетической подзоной. Исследованы фотоэлектрические свойства многослойных квантово-размерных гетероструктур. Изучены нагрузочные световые вольтамперные характеристики наноструктур InAs/GaAs с промежуточной энергетической подзоной. Исследованы фотоэлектрические свойства многослойных квантово-размерных гетероструктур. Рассмотрен вопрос эффективности преобразования солнечного излучения фоточувствительными материалами с промежуточной подзоной. Выявлены факторы, ограничивающие эффективность выращенных квантово-размерных наноструктур InAs/GaAs</p>
7.1	<p>Подробное описание полученных результатов</p>	<p>Движение в область наноразмерного состояния вещества ставит изучение взаимного влияния электрических, зарядовых и деформационных полей на фундаментальные свойства сегнетоэлектриков, мультиферроиков и полупроводников в ряд наиболее актуальных задач в научном и практическом плане, поскольку свойства в наноразмерных структурах могут радикально отличаться от свойств гомогенных. В частности, в гетероструктурах на основе сегнетоэлектрических пленок открывается новая возможность управления свойствами путем создания контролируемой деформации элементарной ячейки, которые приводят к образованию в плёнках новых фазовых состояний, которые не реализуются в объёмных кристаллах и керамиках и, как следствие, к появлению новых свойств. Успешное решение этой задачи во многом определяется технологическими решениями создания гетероструктур на основе наноразмерных сегнетоэлектрических пленок с высоким структурным совершенством на диэлектрических, полупроводниковых и металлических подложках.</p> <p>Исследования, проведенные в течение последних двадцати лет в ведущих зарубежных и отечественных фирмах, занимающихся электрически управляемыми устройствами для систем связи следующего поколения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах альтернативы сегнетоэлектрическим электрически управляемым устройствам нет. Перестраиваемые цепи, внедренные в системы связи, позволяют создавать системы принципиально нового класса,</p>

		<p>способные привести в сверхскоростные мобильные системы принципы самоорганизации и такой важный элемент, как самооптимизацию. Это позволит создавать комплексы, способные самоподстраиваться к изменению условий связи, компенсировать естественное старение компонентов системы и влияние окружающей среды.</p> <p>Уникальные физические свойства сегнетоэлектрических материалов (наличие спонтанной поляризации, переключаемой внешним полем; высокая диэлектрическая проницаемость; пьезо- и пьезоэлектрические свойства; нелинейные оптические свойства) позволяют создать на их основе новый класс интегрированных сегнетоэлектрических устройств для приема, обработки и хранения информации, в которых активным элементом является тонкий слой сегнетоэлектрика. Одной из важнейших концепций использования сегнетоэлектриков в микроэлектронике является энергонезависимая память (FeRAM), где в качестве подзатворного диэлектрика в полевом транзисторе используется сегнетоэлектрическая пленка. Для достижения прогресса в этом направлении необходимо получение монокристаллических пленок высокого структурного совершенства, и устранение влияния интерфейса полупроводник-сегнетоэлектрик на динамику переключения поляризации.</p> <p>Понимание процессов на границе раздела сегнетоэлектрик-полупроводник и релаксационных явлений после переключения поляризации при различных внешних воздействиях позволят адекватно оценить возможности их практического использования. Зависимость кинетики доменной структуры от структурного совершенства гетероструктур, степени их дефектности, обусловленных возникновением внутренних деформационных полей в гетероструктуре, остается актуальной как для решения фундаментальных проблем физики твердого тела, так и в прикладном значении. Понимание процессов на границе раздела сегнетоэлектрик-полупроводник и релаксационных явлений после переключения поляризации при различных внешних воздействиях позволят адекватно оценить возможности их практического использования.</p> <p>Использование гетероструктур сегнетоэлектрик-полупроводник позволяет качественно расширить возможности микроэлектромеханических систем (МЭМС). Использование сегнетоэлектрических</p>
--	--	--

		<p>пленок открывает перспективы для создания принципиально новых устройств следующего поколения МЕМС: матричные пироприемники, матричные кантилеверы для микророботов, акустические фазированные антенные решетки, генераторы энергии, микронасосы, газоанализаторы. Касаемо полупроводниковых гетероструктур, необходимо отметить, что современный этап развития полупроводниковой фотоники обеспечивается за счет исследований и разработок устройств с квантоворазмерными объектами (квантовыми точками, квантовыми ямами и нитями) в активных областях. Фундаментальной проблемой этого направления является выявление структуры оптических и электронных переходов с привязкой к континууму зоны проводимости. Они особенно важны, потому что позволят определять и прогнозировать способы подстройки чувствительности наногетероструктур в ИК области спектра на этапе технологического создания. В ближайшей перспективе будут разрабатываться устройства под спектральные диапазоны 1-1.6, 2-5, 7-20 мкм. Квантовые точки в активных областях гетероструктур для фотонных устройств являются перспективным объектом для разработки устройств под указанные оптические диапазоны. Открытие спиновых фототоков в полупроводниковых наногетероструктурах расширяет рамки их практического применения для устройств СВЧ-электроники и фотоники, что в ряде практических применений позволяет перейти к скорости функционирования 10-12 с, и открывает возможности управления поведением фотона. Использование многокомпонентных твердых растворов на основе полупроводниковых соединений АЗВ5 в гетероструктурах вызывает все больший интерес исследователей из-за уникальных возможностей этих материалов. Выгодным преимуществом пятикомпонентных твердых растворов перед тройными и четверными является возможность независимого изменения ширины запрещенной зоны и параметра кристаллической решетки. В направлении изучения пятикомпонентных твердых растворов ЮНЦ РАН является лидером в РФ. Однако физика многокомпонентных твердых растворов до сих пор не полностью изучена и в последние годы их применению в наногетероструктурах уделяется особое внимание. Увеличение количества компонентов в составе твердых растворов</p>
--	--	--

		<p>несомненно, ведет к изменению структурных свойств таких материалов, а также способов их синтеза и выращивания. В этой связи научная актуальность обуславливается возможностью совместного решения физических и технологических проблем в полупроводниковых наногетероструктурах для СВЧ-электроники и фотоники. Кроме того, поставленная проблематика является междисциплинарной, находясь на стыке оптоэлектроники, фотоники и спинтроники, что дает основания для получения прорывных результатов в создании нового класса быстродействующих устройств.</p> <p>Разработки и исследования в этих направлениях позволяют осуществлять:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подготовку высококвалифицированных кадров в Южном федеральном округе для решения потребностей региона в области нанотехнологий, солнечной энергетики и фотоники; - достижение целей Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы в области «8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости». - развитие фундаментальных и прикладных научных исследований в Южном федеральном округе и Российской Федерации в области нанотехнологий, солнечной энергетики; - создание научно-технологического задела по приоритетным направлениям научно-технологического развития РФ: индустрия наносистем; энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика; а также критических технологий: технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику; компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий; - рациональную интеграцию исследований и разработок в российскую экономику и оборонно-промышленный комплекс. <p>НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗА ОТЧЕТНЫЙ ПЕРИОД С ПОДТВЕРЖДЕНИЕМ ПУБЛИКАЦИЯМИ:</p> <p>Научный результат №1 опубликован в:</p> <p>1. Г.Н. Толмачев, А.П. Ковтун, И.Н. Захарченко, И.М. Алиев, А.В. Павленко, Л.А. Резниченко, И.А. Вербенко Синтез, структура и оптические характеристики тонких пленок ниобата бария-</p>
--	--	--

	<p>стронция // Физика Твёрдого Тела. 2015. Т. 57. № 10. С. 2050-2055.</p> <p>2. И.М. Алиев, С.П. Зинченко, А.П. Ковтун, Г.Н. Толмачев, А.В. Павленко. Метод контроля оптических характеристик тонких прозрачных пленок с использованием угловой оптической рефлектометрии // Журнал технической физики. 2015. Т. 85. В. 10. С. 145-147.</p> <p>Научный результат №2 опубликован в:</p> <p>1. А.Г. Разумная, Ю.И. Головкин, Н.В. Лянгузов, Ю.И. Юзюк, В.Б. Широков, В.М. Мухортов, M. ElMarssi Се-гнетоэлектрическая сверхрешетка на основе твердых растворов титаната бария-стронция // Физика твердого тела, 2015, том 57, вып. 11, с. 2181-2185</p> <p>Научный результат №3 опубликован в:</p> <p>1. В.Б. Широков, Ю.И. Головкин, В.М. Мухортов, Ю.И. Юзюк, P.E. Janolin, B. Dkhil Зависимость свойств эпитаксиальных тонких пленок титаната бария-стронция при изменении толщины // Физика твердого тела, 2015, том 57, вып. 8, с.1503-1508</p> <p>2. Mukhortov V. M., Golovko Yu. I, Biryukov S. V., A. Anokhin, and Yu. I. Yuzik Effect of Growth Mechanisms on the Deformation of a Unit Cell and Polarization Reversal in Barium–Strontium Titanate Heterostructures on Magnesium Oxide // Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki, 2016 Vol. 61. No. 1, P. 91–96.</p> <p>Научный результат №4 опубликован в:</p> <p>1. Бирюков С.В., Головкин Ю.И., Масычев С.И., Мухортов В.М. Преобразователи поверхностных акустических волн с электрически регулируемой чувствительностью // НАУКА ЮГА РОССИИ (ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА) 2016 Т. 12. №1. С. 11-1</p> <p>Научный результат №5 опубликован в:</p> <p>1. Mukhortov V. M., Golovko Yu. I, Biryukov S. V., A. Anokhin, and Yu. I. Yuzik Effect of Growth Mechanisms on the Deformation of a Unit Cell and Polarization Reversal in Barium–Strontium Titanate Heterostructures on Magnesium Oxide // Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki, 2016 Vol. 61. No. 1, P. 91–96.</p> <p>2. N.E. Sherstyuk, M.S. Ivanov, N.A. Ilyin, K.A. Grishunin, V.M. Mukhortov, A.L. Kholkin, and E.D. Mishina Local electric field distribution in ferroelectric films and photonic crystals during polarization reversal // FERROELECTRICS 2016, VOL. 503, 138–148</p> <p>Научный результат №6 опубликован в:</p> <p>1. K. A. Grishunin, N.A. Ilyin, N.E. Sherstyuk, E.D. Mishina, A. Kimel, V.M. Mukhortov, A.V. Ovchinnikov,</p>
--	--

	<p>O.V. Chefonov, M.B. Agranat THz Electric Field-Induced Second Harmonic Generation in Inorganic Ferroelectric // Nature/Scientific Reports, 687, 03, 2017 p.1-7.</p> <p>Научный результат №7 опубликован в:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Chebotarev S.N., Pashchenko A.S., Williamson A., Lunin L.S., Irkha V.A., Gamidov V.A. Ion beam crystallization of InAs/GaAs(001) nanostructures // Technical Physics Letters, 2015, Vol. 41, № 7, P. 661-664. 2. Pashchenko A.S., Chebotarev S.N., Lunin L.S. Carrier transport in multilayer InAs/GaAs quantum dot heterostructures grown by ion beam crystallization // Inorganic Materials, 2015, Vol. 51, № 3, P. 197-200. 3. Lunin L.S., Seredin B.M., Seredin L.M. Abrasive blasting of silicon surfaces during the thermal-migration process // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2015, Vol.9, №6, P. 1346–1354. 4. Лозовский В.Н., Лунин Л.С., Середин Б.М. Влияние профиля анодного перехода структур силовых приборов на прямое падение напряжения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2015. № 5 (541). С. 54-58. <p>Научный результат №8 опубликован в:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lunin L.S., Lunina M.L., Kravtsov A.A., Sysoev I.A., Blinov A.V. Synthesis and study of thin TiO₂ films doped with silver nanoparticles for the antireflection coatings and transparent contacts of photovoltaic converters // Semiconductors. 2016. Vol. 50. № 9. PP. 1231–1235. (WoS и Scopus). 2. Chebotarev S., Pashchenko A., Lunin L., Irkha V. Mass transfer of semiconductors at low flow argon ion beam sputtering // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. Iss. 3. PP. 1622-1629. (WoS и Scopus). 3. Chebotarev S.N., Pashchenko A.S., Irkha V.A., Lunina M.L. Morphology and Optical Investigations of InAs-QD/GaAs Heterostructures Obtained by Ion-Beam Sputtering // Journal of Nanotechnology. 2016. Vol. 2016. Article number 5340218. (WoS и Scopus). 4. Chebotarev S.N., Pashchenko A.S., Arustamyan D.A. Microcrystalline and amorphous photovoltaic silicon materials Performance optimization // Solid State Phenomena. 2016. Vol. 870. PP. 74-82. (WoS и Scopus). 5. Чеботарев С.Н., Калинин В.В., Лунин Л.С. Полупроводниковые наногетероструктуры с промежуточной энергетической подзоной. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 192 С. — ISBN 978-5-9221-
--	--

		<p>1694-7. Тираж 300 экз. Научный результат №9 опубликован в: 1. Chebotarev S.N., Pashchenko A.S., Lunin L.S., Zhivotova E.N., Erimeev G.A., Lunina M.L. Obtaining and doping of InAs-QD/GaAs(001) nanostructures by ion beam sputtering // Beilstein Journal of Nanotechnology. 2017. 8. pp. 12–20. (WoS и Scopus). 2. Alfimova D.L., Lunin L.S., Lunina M.L., Pashchenko A.S., Chebotarev S.N. Effect of bismuth on parameters of a GaInSbAsP solid solution grown on GaSb substrates // Inorganic Materials. 2017. Vol. 53. No. 1. pp. 57–64. (WoS и Scopus). 3. Alfimova D.L., Lunin L.S., Lunina M.L., Pashchenko A.S., Chebotarev S.N. Thin-layer GaInSbAsPBi/GaSb heterostructures obtained from liquid phase in a temperature-gradient field // Crystallography Reports. 2017. Vol. 62. No. 1. pp. 139–143. (WoS и Scopus). 4. Lunin L.S., Lunina M.L., Devitsky O.V., Sysoev I.A. Pulsed laser deposition of Al_xGa_{1-x}As and GaP thin films on Si substrates for photovoltaic applications // Semiconductors. 2017. Vol. 51. Iss. 3. pp. 387–391. (WoS и Scopus). 5. Alfimova D.L., Lunin L.S., Lunina M.L., Arustamyan D.A., Kazakova A.E., Chebotarev S.N. Growing and properties of isoparametric InAlGaPAs/GaAs heterostructures // Semiconductors. 2017. Vol. 51. Iss. 10. pp. 1377–1384. (WoS и Scopus).</p>
8	<p>Диссертационные работы сотрудников организации, защищенные в период с 2015 по 2017 год.</p>	<p>1. Анохин А.С. Диссертация «Размерные и морфические эффекты в эпитаксиальных пленках сегнетоэлектриков» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, дата защиты 03 апреля 2015 г. Совет Д 212.208.05 (физико-математические науки) по спец. 01.04.07 "Физика конденсированного состояния" при Южном федеральном университете. 2. Чеботарев С.Н. Диссертация «Ионно-лучевая кристаллизация фотоэлектрических наноматериалов с промежуточной энергетической подзоной» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, дата защиты 16 июня 2015 г. Совет Д 212.101.07 (физико-математические науки) по спец. 01.04.07 "Физика конденсированного состояния" при Кубанском государственном университете.</p>
ИНТЕГРАЦИЯ В МИРОВОЕ НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО		

9	Участие в крупных международных консорциумах и международных исследовательских сетях в период с 2015 по 2017 год	Младший научный сотрудник Стрюков Даниил Валерьевич в 2016-2017 гг. проходил стажировку на Швейцарско-Норвежской линии Европейского центра синхротронных исследований (Гренобль, Франция) под руководством д.ф.-м. н. Юзюка Юрия Ивановича со стороны России и PhD Чернышова Дмитрия Юрьевича со стороны Франции.
10	Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов в период с 2015 по 2017 год.	По данному направлению в период с 2015 по 2017 год не выполнялось зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов.
11	Участие в качестве организатора крупных научных мероприятий (с более чем 1000 участников), прошедших в период с 2015 по 2017 год	По данному направлению в период с 2015 по 2017 год не было организовано крупных научных мероприятий (с более чем 1000 участников).
12	Членство сотрудников организации в признанных международных академиях, обществах и профессиональных научных сообществах в период с 2015 по 2017 год	Леонид Сергеевич Лунин – заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшего образования РФ, почетный доктор физики Технического университета г. Ильмена (Германия), действительный член Международной академии наук высшей школы, член Евразийского физического общества,

ЭКСПЕРТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

13	Участие сотрудников организации в экспертных сообществах в период с 2015 по 2017 год	<p>Мухортов Владимир Михайлович:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Член диссертационного совета Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Д 212.304.09 2. Член коллегии экспертов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ <p>Есипов Юрий Вениаминович:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Член специального диссертационного совета при Ростовском НИИ Радиосвязи Д. 409.02201 2. Член редколлегии журнала «Безопасность критических инфраструктур и территорий», УрО РАН, Екатеринбург 3. Член коллегии экспертов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ <p>Широков Владимир Борисович:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Член редколлегии журнала "Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества" 2. Эксперт ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ (свидетельство № 04-02006 от 04.08.2015) <p>Лунин Леонид Сергеевич</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Эксперт в Федеральном реестре экспертов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ (диплом №1861).
----	--	---

		<p>2. Член редколлегии в журнале “Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества”</p> <p>3. Рецензент в журнале «Письма в журнал технической физики»</p> <p>4. Эксперт в ФГБНУ «Дирекция НТП».</p>
14	<p>Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами в период с 2015 по 2017 год</p>	<p>По данному направлению нормативно-технические документы не запрашивались.</p>
ЗНАЧИМОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ		
15	<p>Значимость деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона в период с 2015 по 2017 год</p>	<p>Исторически сложилось, что Ростовская область, и в частности – г. Ростов-на-Дону в Российской Федерации является своего рода центром научно-исследовательских разработок в области физического материаловедения. Непосредственным следствием этого явилось наличие в регионе ряда крупных научных и образовательных организаций, таких как Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону), НКТБ «Пьезоприбор» (г. Ростов-на-Дону), Федеральное государственное унитарное предприятие "Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи" (г. Ростов-на-Дону), ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» (г. Новочеркасск), Южный научный центр РАН (г. Ростов-на-Дону) и др., которые на протяжении долгих лет играют важнейшую роль в социально-экономическом развитии региона. Именно учитывая, в том числе, и социально-экономические особенности региона основной целью деятельности ЮНЦ РАН является получение и применение новых знаний для решения</p>

		<p>технологических, инженерных, экологических, экономических и социальных проблем в интересах устойчивого развития научно-технического комплекса региона. Это нашло отражение в том, что ЮНЦ РАН по данному направлению осуществляет:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовку высококвалифицированных кадров в Южном федеральном округе для решения потребностей региона в области нанотехнологий, солнечной энергетики и фотоники; 2. Рациональную интеграцию исследований и разработок в российскую экономику и оборонно-промышленный комплекс; 3. Проведение конференция для студентов, аспирантов и молодых ученых; 4. Реализацию проектов по приоритетным направления в РФ. <p>К числу наиболее важных проектов, реализуемые в интересах развития соответствующих регионов в период с 2015 по 2017 относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проект «Создание и исследование многослойных гетероструктур с сегнетоэлектриками различной симметрии, где ожидается максимальное проявление деформационной и доменной инженерии, приводящие к возникновению новых свойств, на базе которых можно реализовать принципиально новые устройства функциональной электроники», в рамках которого разработан способ создания многослойных сегнетоэлектрических гетероструктур, использующий прерывистое осаждение на четырех установках с различными по составу мишенями ($Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ $x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8, Sr_{0.5}Ba_{0.5}Nb_2O_6, Bi_4Ti_3O_{12}$), который может быть эффективно использован при разработке функциональных элементов на их основе; • проект «Фазовые превращения, макроотклики и магнитодиелектрические взаимодействия в многофункциональных кислородно-октаэдрических средах со структурами типа перовскита и калий-вольфрамовой бронзы в различных твердотельных состояниях: керамика, монокристаллы, пленочные структуры», в рамках которого разработаны новые мультиферроидные структуры на базе высокотемпературных мультиферроиков; • проект «Управление физическими процессами роста и легирования напряженных АПВВ гетерограниц и когерентных nanoостровков», в рамках которого Разработана оснастка оборудования для легирования напряженных гетероструктур АПВВ из твердотельного источника в процессе их роста при ионно-лучевой кристаллизации. За основу
--	--	--

		выбран метод легирования из твердотельного источника. Показаны преимущества этого способа в условиях ионно-лучевой кристаллизации
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ		
16	Инновационная деятельность организации в период с 2015 по 2017 год	<p>ЮНЦ РАН уделяет большое внимание вопросам внедрения результатов фундаментальных и прикладных исследований.</p> <p>Сотрудниками ЮНЦ по направлению «общая физика» разработан ряд инновационных технологий в рамках реализации базовых тем НИР:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. «Разработка физических основ получения наноструктур с квантовыми точками в активных областях для оптоэлектронных приборов» (Научный руководитель, д.ф.-м.н. Л.С. Лунин) (№ госрегистрации 01201354240). 2. «Гетероструктуры, многослойники и сверхрешетки нелинейных диэлектриков – новая континуальная среда для микроэлектроники нового поколения» (№ гр 01201354247, 0256-2014-0002) (руководитель В.М. Мухортов) <p>Осуществляется инновационная деятельность, связанная с разработками в области создания и использования новых функциональных структур на базе тонкопленочных структур, в рамках которой сотрудники, в том числе, участвуют в конкурсах регионального и всероссийского уровня.</p> <p>Инновационная деятельность осуществлялась в рамках следующих проектов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Грант Российского фонда фундаментальных исследований (№ 16-32-60095) «Фазовые превращения, макроотклики и магнитодиэлектрические взаимодействия в многофункциональных кислородно-октаэдрических средах со структурами типа перовскита и калий-вольфрамовой бронзы в различных твердотельных состояниях: керамика, монокристаллы, пленочные структуры». 2016-2018 г., (Руководитель - к.ф.- м.н. Павленко А.В.). 2. Грант Российского фонда фундаментальных исследований (16-38-60127_ мол_ а_ дк) «Управление физическими процессами роста и легирования напряженных АПВВ гетерограниц и когерентных nanoостровков» 2016-2018 г., (Руководитель - к.ф.- м.н. Пашенко А.В.). 3. Стипендия президента РФ (№СП-1689.2015.3) «Поиск, разработка и создание новых композиционных материалов на основе высокотемпературных мультиферроиков и сегнетоэлектриков для нужд авиационной, ракетно-

		<p>космической техники и наземной инфраструктуры», 2015-2017, к.ф-м.н. Павленко А.В. (Победитель конкурса на получение стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры»)</p> <p>4. Проекта «Создание, комплексные исследования и расширение сфер практического приложения тонкопленочных структур «сегнетоэлектрик-полупроводник» (руководитель – к.ф.м.н. Павленко А.В.), представленного на конкурс «Молодежный инновационный конвент Ростовской области» в период 2017-2018 г.</p>
--	--	--

III. Блок сведений об инфраструктурном и внедренческом потенциале организации, партнерах, доходах от внедренческой и договорной деятельности
(ориентированный блок внешних экспертов)

п/п	Запрашиваемые сведения	Характеристика
ИНФРАСТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ		
17	Научно-исследовательская инфраструктура организации в период с 2015 по 2017 год	<p>В ЮНЦ РАН в 2017 г. создан Центр коллективного пользования «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)» на базе стационара БНЭБ «Кагальник», который позволяет эффективно использовать дорогостоящее научно-исследовательское и научно-технологическое оборудование, а также разрабатывать, создавать и апробировать созданные приборы и методики в научно-исследовательских работах, проводимых в ЮНЦ РАН.</p> <p>Существующее научное оборудование, для выполнения работ по научному исследованию:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цветной 3D лазерный сканирующий микроскоп KEYENCE VK-9700 Generation II; 2. MALDI-TOF масс-спектрометр Autoflex II, BRUKER (Германия); 3. УФ-спектрофотометр Evolution 300 (США); 4. Система получения сверхчистой воды Simplicity UV(Франция); 5. Ультразвуковая ванна Elmasonic S 40 Н (Германия); 6. Сканирующий электронный микроскоп производства компании "Carl Zeiss" серии EVO модель 40 XVP (Германия); 7. Измеритель иммитанса E7-20 (Белоруссия); 8. Генератор сигналов специальной формы АК ИП 3408/2 (Россия); 9. Терморегулятор Варта ТП 703 (Россия); 10. Установке для напыления тонки пленок Плазма-50-СЭ (Россия); 11. Рентгеновский измерительный комплекс «РИКОР» предназначен для исследования многослойных структур в нанометровом диапазоне толщин неразрушающими методами: тонких пленок; сверхгладких поверхностей; многослойных структур; ансамблей наночастиц; монокристаллов, поликристаллов. <p>Научно-исследовательские работы в ЮНЦ РАН выполняются в строгом соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы и в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013 - 2020 гг.</p> <p>Все рабочие места научных сотрудников и</p>

		<p>вспомогательного персонала оснащены персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть скоростью 1000 Мбит/сек. Имеется 4 сервера и собственная автоматическая телефонная станция. Телекоммуникационная система ЮНЦ РАН обеспечивает доступ к локальным базам данных, электронной почте, поисковым системам, а также к ресурсам глобальных сетей через волоконно-оптический канал связи скоростью (в настоящее время) 30 Мбит/сек с технической возможностью расширения до 10 Гбит/сек (в рамках проекта предусмотрена модернизация этой системы для выполнения распределенных вычислений, получения данных и видеоинформации в реальном времени).</p> <p>Наличие данной инфраструктуры, с учетом оригинальных технологических разработок (например – установки для напыления тонких пленок в различных условиях), в ряде случаев не имеющих аналогов, позволяет эффективно осуществлять комплексные научно-исследовательские работы, базирующиеся как на технологически-материаловедческой, так и теоретико-экспериментальных платформах.</p>
18	Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований в период с 2015 по 2017 год	<p>В период с 2015 по 2017 г. были:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработана и запущена установка для газоразрядного RF-напыление пленок $PbMg_2/3Nb_1/3O_3$ при повышенных давлениях кислорода с вертикальным расположением катодного узла и печи, позволяющая синтезировать пленки, в том числе и методом прерывистого напыления, на подложках диаметром до 15 мм. Толщина (h) и скорость роста (v) пленки определялась из текущей кривой интенсивности зеркально отраженного поляризованного лазерного оптического излучения (R) с $\lambda = 650 \text{ nm}$ от подложки с растущей пленкой по методике, представленной в [С.П. Зинченко, А.П. Ковтун, Г.Н. Толмачев. ЖТФ 79, 128 (2009)]; (В рамках выполнения гранта РФФИ № 16-32-60095) 2. Сконструирован и введен в эксплуатацию автоматический измерительный стенд на базе LCR-метра E7-20 и терморегулятора «Варта» ТП 703, разработанной согласно полезной модели "Автоматический стенд для измерения диэлектрических параметров пьезоэлектрических материалов". (Авторы: Павленко А.В., Юрасов Ю.И. (Патент на полезную модель №119894, зарегистрирован 27.08.2012), позволяющий осуществлять температурные зависимости ϵ/ϵ_0 (ϵ_0 –

		электрическая постоянная) и $\operatorname{tg} \delta$ при $T = 303 \dots 573$ К на частотах $f = 20 \dots 106$ Гц. (В рамках выполнения гранта РФФИ № 16-32-60095)
ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПАРТНЕРЫ ОРГАНИЗАЦИИ		
19	Стратегическое развитие организации в период с 2015 по 2017 год.	<p>Основной целью деятельности ЮНЦ РАН является получение и применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экологических, экономических, социальных и гуманитарных проблем в интересах устойчивого развития народнохозяйственного комплекса Российской Федерации, в том числе для научного, экономического, социального и культурного развития Южного, СевероКавказского и Крымского федеральных округов. Центр занимает лидирующее положение среди научных организаций, как в Южном федеральном округе, так и стране в целом, и его долгосрочными партнерами на протяжении всего периода развития являлись и являются следующие крупные образовательные и научные организации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» 2. Федеральное государственное унитарное предприятие "Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи". 3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия. Взаимодействие: договор о сотрудничестве. 4. Научно-образовательный центр фотовольтаики и нанотехнологии (НОЦ ФН) при Северо-Кавказском Федеральном Университете, г. Ставрополь, Россия. Взаимодействие: договор о сотрудничестве. 5. Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany. Взаимодействие: договор о сотрудничестве, стажировки аспирантов и сотрудников. 6. ООО НПП "Экситон", г. Ставрополь, Россия. Взаимодействие: договор о сотрудничестве, выполнение хоздоговоров. 7. ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова», г. Новочеркасск. Взаимодействие: договор о сотрудничестве, стажировки бакалавров, магистров и аспирантов в лаборатории нанотехнологий и солнечной энергетики ЮНЦ РАН.

РИД И ПУБЛИКАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ		
20	Количество созданных результатов интеллектуальной деятельности, имеющих государственную регистрацию и (или) правовую охрану в Российской Федерации или за ее пределами, а также количество выпущенной конструкторской и технологической документации в период с 2015 по 2017 год, ед.	2015 г. – 0 2016 г. – 1 2017 г. – 0
21	Объем доходов от использования результатов интеллектуальной деятельности в период с 2015 по 2017 год, тыс. руб.	2015 г. – 0.000 2016 г. – 0.000 2017 г. – 0.000
22	Совокупный доход малых инновационных предприятий в период с 2015 по 2017 год, тыс. руб.	2015 г. – 0.000 2016 г. – 0.000 2017 г. – 0.000
23	Число опубликованных произведений и публикаций, индексируемых в международных информационно-аналитических системах научного цитирования в период с 2015 по 2017 год, ед.	2015 г. – 24 2016 г. – 47 2017 г. – 56
ПРИВЛЕЧЕННОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ		
24	Гранты на проведение исследований Российского фонда фундаментальных исследований, Российского научного фонда и др. источников в период с 2015 по 2017 год.	1. Российский фонд фундаментальных исследований (№ 17-02-01247 А) "Влияние деформационных напряжений и химического давления на центросимметричность кристаллической решетки квантовых параэлектриков" 2017-2019 гг. (Руководитель – к.ф.м.н. Анохин А.С., 2017-2019 гг.) Измерения температурной зависимости спектров комбинационного рассеяния света и намагниченности позволили экспериментально установить связь между магнитной и фононной подсистемами кристалла магнетоплюмбита

	<p>$Pb(Zr_{0.07}Fe_{0.93})_{12}O_{19}$. В недопированных монокристаллах гексаферритов бария и стронция М-типа такого типа магнетодиэлектрической связи ранее не наблюдалось. Благодаря допированию немагнитными ионами удалось практически полностью «убрать» магнитную анизотропию, характерную для всех гексаферритов М-типа. Данный факт может свидетельствовать об образовании ферромагнитных областей весьма малого размера, близкого к суперпарамагнитному пределу. В смешанных кристаллах магнетоплюмбита замещение свинца на барий приводит к появлению новых линий в терагерцовом диапазоне спектров пропускания ниже 200 К, отсутствующих для кристаллов чистых гексаферритов бария или свинца. Данные линии могут свидетельствовать о существенной роли магнон-фононного взаимодействия в смешанных кристаллах.</p> <p>2) Российский фонд фундаментальных исследований (№15-08-05711 А) «Разработка физических основ динамического контроля параметров сегнетоэлектрических пленок в разряде с убегающими электронами», (Руководитель – к.ф.м.н. Павленко А.В., 2015-2017 гг.)</p> <p>Проведен анализ способов напыления сегнетоэлектрических пленок. Разработана одностадийная технология синтеза BSN пленок в разряде с убегающими электронами и дисперсной фазой. Предложен подход для динамического контроля роста пленок в камере. Для анализа характеристик пленок на оптически однородной подложке (на примере MgO, Pt/Si и др.) предложен метод оптической угловой рефлектометрии, основанный на изучении угловой зависимости интенсивности отраженного от структуры пленка-подложка зондирующего оптического излучения Н-поляризации. Показано, что для серии монокристалльных BSN пленок на подложке MgO(001) в семействе кривых зеркального отражения поляризованного света в диапазоне длин волн 600-700 nm обнаружен угол, при котором все кривые отражения пересекаются в одной точке (узел). Анализ показал, что это свидетельствует об идентичности оптических характеристик материала пленок различных толщин, отсутствии в них поглощения и низкой шероховатости их поверхностей. Разработаны алгоритмы контроля растущей сегнетоэлектрической пленки с учетом влияния динамического слоя, образованного из</p>
--	---

	<p>дисперсной фазы разряда. Проведены исследования динамики роста, структуры, микроструктуры и диэлектрических характеристик BSN пленки на подложке Pt(111)/Si(001), изготовленной с использованием разработанных в проекте подходов.</p> <p>3) Российский фонд фундаментальных исследований (№13-02-00251 А) «Гетероструктурные многослойники и сверхрешетки на основе феррит-висмута и титаната бария стронция на подложках оксидов магния и алюминия-лантана» (Руководитель – д.ф.-м.н. Мухортов В.М., 2013-2015 гг.)</p> <p>Проведено комплексное исследование многослойных гетероструктур MgO+BST+BiFeO₃(BFO). Обнаружено, что после осаждения на поверхность гетероструктуры MgO+BST пленки BFO в нижнем слое BST повышается степень тетрагональности. На основе анализа рентгеноструктурных данных и поляризованных спектров КРС показано, что это связано с изменением двумерных растягивающих напряжений в плоскости подложки на сжимающие. Однако, как и в многослойниках MgO+BST₀₈+BST₀₄ значение критической толщины сохраняется (70 нм).</p> <p>Появление в области наноразмерных пленок (меньше 40 нм) аа- и г – фаз, имеющих орторомбическую и моноклинную симметрию, соответственно, приводит к существенному повышению реориентационной и остаточной поляризаций и коэффициента перестройки диэлектрической проницаемости под действием внешнего электрического поля.</p> <p>Установлено, что формирование сверхрешетки из чередующихся слоев BST и BNFO (20 пар) происходит при толщине каждого слоя меньше 10 нм. Разориентировка по нормали к поверхности сверхрешетки (определенная по ширинам кривых качания отражения (002)) составляла 0.5 град., а в азимутальном направлении - 0.9 град. Проведен численный эксперимент по моделированию рентгеновских дифракционных максимумов от сверхрешетки на основе BST-BFO. В качестве переменных параметров использовались межплоскостные расстояния BST и BNFO и индивидуальные толщины каждого слоя. Спектры рекомбинационного рассеяния для сверхрешеток BST/ BNFO (34 слоя с периодом 7 нм) имеют принципиальное отличие от спектров многослойных структур, что свидетельствует о формировании</p>
--	---

		<p>нового материала, не реализующегося в объемных образцах.</p> <p>4) Российский фонд фундаментальных исследований (№16-29-14013) «Создание и исследование многослойных гетероструктур с сегнетоэлектриками различной симметрии, где ожидается максимальное проявление деформационной и доменной инженерии, приводящие к возникновению новых свойств, на базе которых можно реализовать принципиально новые устройства функциональной электроники». (Руководитель – д.ф.м.н. Мухортов В.М., 2016-2018 гг.)</p> <p>1. Разработан способ создания многослойных сегнетоэлектрических гетероструктур, использующий прерывистое осаждение на четырех установках с различными по составу мишенями ($BaxSr_{1-x}TiO_3$ $x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8$, $Sr_{0.5}Ba_{0.5}Nb_2O_6$, $Bi_4Ti_3O_{12}$). Принципиальной особенностью данного способа осаждения является рост пленок из дисперсной фазы оксида, образующейся в плазме сильноточного высокочастотного разряда при распылении керамической мишени на кластерном уровне. Управление механизмами роста, структурным совершенством и переходом от поликристаллического к монокристаллическому росту проводилось выбором параметров из трехмерного фазового пространства (степень структурного совершенства пленки q, давление кислорода p, обобщенный параметр энергетического состояния наноразмерной дисперсной фазы b). Оптимизирующим параметром для каждого состава являлся эпитаксиальный рост оксидов на (001)MgO как однослойных, так и двухслойных гетероструктур с вариациями слоев из перечисленных выше оксидов.</p> <p>2. Оптимизированные условия осаждения пленок на (001)MgO использовались для получения сегнетоэлектрических гетероструктур на Si подложках без образования во время осаждения переходного слоя SiO₂. Это подтверждено методами растровой электронной микроскопии (Zeiss Supra 25), рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-4-07), спектроскопии комбинационного рассеяния света (микро-КРС спектрометр Renishaw inVia Reflex) и оптической эллипсометрии в процессе осаждения.</p> <p>3. Установлено, что в гетероструктуре Si КДБ12 (001) + Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃ (BST08)+</p>
--	--	--

		<p>$Ba_{0.4}Sr_{0.6}TiO_3(BST04)$ при общей толщине структуры 100 нм происходит когерентное сопряжение пленок с параметрами решетки $c = 0.4001$ нм и $a = 0.4006$ нм и реализуются двумерные напряжения растяжения. В структуре $Si+BST04+BST08$ когерентное сопряжение решеток отсутствует, а верхний слой $BST08$ находится в состоянии двумерного напряжения сжатия. При этом параметры решетки в нижнем слое $BST04$ равны $c = 0.3984$ нм, $a = b = 0.3940$ нм, а в верхнем слое $BST08$ $c = 0.4065$ нм, $a = b = 0.3989$ нм. В структуре $Si+BST+Sr_{0.5}Ba_{0.5}Nb_2O_6 (SBN)$ верхний слой находится в состоянии двумерного растяжения. Величиной напряжений в слое SBN можно управлять составом подслоя BST и его толщиной.</p> <p>4. Показана возможность осаждения пленочных сегнетоэлектрических структур ($Si + BST08$ и $Si + SBN$) с низкой плотностью интерфейсных дефектов на легированный кремний. Изучение пьезоотклика как квазистатическим методом с площади электрода $0,07\text{мм}^2$, так и с помощью атомной силовой микроскопии, показало, что в гетероструктурах имеет место изначальное поляризованное состояние сегнетоэлектрика с направлением спонтанной поляризации по нормали к подложке независимо от типа проводимости Si. Установлено, что это поляризованное состояние связано с двумерными напряжениями в сегнетоэлектрике, обусловленными условиями роста.</p> <p>5. Переключение поляризации в гетероструктурах $Si+BST+SBN$ и $Si+BST04+BST08$ при полевом воздействии в состоянии с направлением поляризации по нормали от подложки происходит только в многослойных структурах. Релаксация на 15% такой переключаемой поляризации происходит в течение 500 часов.</p> <p>6. Показано, что в фотонных кристаллах СВЧ - диапазона, сформированных на гетероструктуре $BST08/MgO$ из микрополосковых резонаторов, можно осуществлять эффективное управление амплитудными и фазовыми характеристиками с помощью напряжения смещения, приложенного к планарному конденсатору, который является составной частью резонатора.</p> <p>7. Запись информации в гетероструктурах с сегнетоэлектрическими (СЭ) слоями связывается с существованием в гетероструктуре долгоживущих состояний, каждое из которых характеризуется конкретной формой вольт-фарадной характеристики (ВФХ). Разработана модель, позволяющая каждому</p>
--	--	--

		<p>состоянию в гетероструктуре ставить в соответствие два параметра: заряд на границе раздела СЭ слоя с полупроводником (или сдвиг ВФХ от управляющего напряжения) и, введенный впервые (аналогов нет), феноменологический параметр, определяющий форму ВФХ. Форма ВФХ обусловлена взаимодействием поляризации СЭ слоя с основными носителями зарядов в полупроводнике и с взаимодействием поляризации СЭ слоя с «внутренним» зарядовым профилем вблизи границ с разными материалами в гетероструктуре. Использование такой модели будет способствовать развитию полевых методов создания в гетероструктурах долгоживущих состояний, а также при исследованиях методов считывания таких состояний.</p> <p>5) Российский фонд фундаментальных исследований (№ 16-32-60095) «Фазовые превращения, макроотклики и магнитодиэлектрические взаимодействия в многофункциональных кислородно-октаэдрических средах со структурами типа перовскита и калий-вольфрамовой бронзы в различных твердотельных состояниях: керамика, монокристаллы, пленочные структуры». (Руководитель - к.ф.- м.н. Павленко А.В., 2016-2018 г.)</p> <p>Установлено, что магнитодиэлектрический эффект (достигающий величины 180 %) в керамике $\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{MnO}_3$ в интервале $T = -196 \dots +27^\circ\text{C}$ обусловлен, в отличие от магнитодиэлектрического эффекта в гетероструктурах на основе тонких пленок лантан-висмутовых манганитов, одновременным проявлением в материале эффектов магнитосопротивления и максвелл-вагнеровской поляризации, и связан с изменением релаксационной частоты системы зерно-прослойка вследствие отрицательного магнетосопротивления. Доказано, что керамики $\text{AFe}_{2/3}\text{W}_{1/3}\text{O}_3$ ($\text{A} = \text{Sr}, \text{Pb}$), изготовленные в рамках традиционной технологии, являются сегнетоэлектриками-релаксорами с температурами Бёрнса 250°C и 7°C, соответственно. Показано, что ферровольфрамат стронция является ферримагнетиком с $T_M \approx 110 \dots 125^\circ\text{C}$ и характеризуется присутствием в структуре катионов W в различных степенях окисления. Впервые показана возможность получения (на примере метода RF катодного распыления в атмосфере кислорода) тонких текстурированных и монокристаллических гетероэпитаксиальных пленок $\text{SrFe}_{2/3}\text{W}_{1/3}\text{O}_3$. С целью изучения характера</p>
--	--	---

		<p>проявления размерных эффектов в сегнетоэлектриках-релаксорах проведены исследования однофазных материалов $PbMg_{2/3}Nb_{1/3}O_3$ (со структурой типа перовскита) и $Sr_{0.5}Ba_{0.5}Nb_2O_6$ (со структурой типа ТВБ). Установлено, в обоих случаях при уменьшении геометрического размера кристаллитов от макроскопического до наноразмерного изменений в структурных параметрах и динамики решетки не выявлено, а имеет место сильное снижение диэлектрического отклика, обусловленное, по-видимому, изменением динамики собственных СЭР полярных нанокластеров. На основе проведенных исследований предложены материалы (сегнетоэлектрики и мультиферроики), которые в виде тонких пленок в дальнейшем могут быть использованы в качестве элементов в функциональной (микро-, нано- и сегнето-) электронике и МЭМС.</p> <p>б) Российский фонд фундаментальных исследований (№16-38-60127_мол_а_дк) «Управление физическими процессами роста и легирования напряженных АПВВ гетерограниц и когерентных nanoостровков» (Руководитель с.н.с. А.С. Пашенко, 2016-2018 гг.)</p> <p>Проведены теоретические исследования в ходе которых установлено, что если в гетероинтерфейсе действуют механические деформации растяжения, то это приводит к уменьшению ширины запрещенной зоны полупроводникового материала и оказывает влияние на оптические свойства гетероструктур InAs/GaAs, смещая спектры поглощения или излучения в красную область спектра.</p> <p>Изучены физические процессы на поверхности роста и установлено влияние энергии, плотности тока пучка и температуры подложки на структуру и морфологию интерфейса. Показано, что для роста квантовых точек InAs hut-типа температура подложки должна находиться в диапазоне 500-550°C. При более высоких температурах подложки происходит генерация нанокластеров dome-типа. В диапазоне энергий ионов от 150 до 200 эВ и постоянной температуре процесса 500°C и ионном токе 120 мкА средний размер (~ 15 нм) и поверхностная плотность (~ 10¹¹ см⁻²) квантовых точек InAs стабилизируются.</p> <p>Методом измерения краев спектра излучения фотолюминесценции исследованы механические напряжения в гетероструктурах InAs/GaAs</p>
--	--	--

		<p>выращенных ионно-лучевой кристаллизацией. Установлено, что увеличение толщины верхнего разделяющего слоя i-GaAs с 5 до 20 нм сопровождается смещением спектров фотолюминесценции образцов в синюю область спектра на 62 мэВ, что указывает на действие со стороны разделяющего барьерного слоя i-GaAs на квантовые точки механических деформаций сжатия. Показано, что вертикальная стыковка слоев квантовых точек InAs через тонкий барьерный слой GaAs способствует релаксации механических напряжений в гетероструктурах InAs/GaAs работающих в качестве центров безызлучательной рекомбинации.</p> <p>Разработана оснастка оборудования для легирования напряженных гетероструктур АПВВ из твердотельного источника в процессе их роста при ионно-лучевой кристаллизации. За основу выбран метод легирования из твердотельного источника. Показаны преимущества этого способа в условиях ионно-лучевой кристаллизации.</p> <p>Проведено исследование зависимости коэффициента адсорбции примеси к слою от температуры подложки и температуры твердотельного источника. На примере примеси SnTe установлено, что коэффициент адсорбции SnTe от температуры твердотельного источника имеет линейную зависимость. Влияние температуры подложки на коэффициент прилипания SnTe носит нелинейный характер.</p> <p>Исследованы температурные режимы для повышения контроля над диффузионными процессами на поверхности роста. Обнаружено, некоторое увеличение концентрации примеси в направлении роста слоя. Переход к режиму накопления примеси происходит при температуре испарителя выше 350°C.</p> <p>Изучено влияние соотношения ростовых потоков основного вещества к примеси на равномерность профилей концентрации носителей заряда в легированном слое. Исследование проведено в диапазоне соотношения ростовых потоков $R_{GaAs}/R_{SnTe}=10^1-10^3$. Установлено, что переход к накоплению примеси в направлении роста происходит при $R_{GaAs}/R_{SnTe} < 10^2$.</p> <p>Выполнено исследование влияния механических напряжений на плотность и размер самоорганизованных когерентных наностроек InAs. Показано, что при вертикальной стыковке слоев квантовых точек InAs уменьшение толщины</p>
--	--	---

	<p>разделяющих барьеров приводит к слабому уменьшению плотности квантовых точек и их боковому размеру. Увеличение толщины разделяющих барьеров i-GaAs приводит к более значительному уменьшению плотности квантовых точек InAs. Исследовано влияние изовалентного легирования Bi барьерных слоев GaAs на релаксацию механических напряжений и структурные свойства гетероструктур InAs/GaAs. Анализ рамановских спектров показал, что кроме разрешенных мод наблюдаются и запрещенные поперечные моды (TO) для объемных GaAs и GaBi оптических фононов. Это указывает на изменение правила отбора при рамановском рассеянии в системе InAs/GaAs, вызванного деформациями кристаллической решетки при внедрении Bi в матрицу GaAs. Установлено, что гетероструктуры InAs/GaAs(1-x)Bi(x) по сравнению с InAs/GaAs обладают большей степенью релаксации за счет уменьшения величины рассогласования параметров кристаллической решетки.</p> <p>7) Российский фонд фундаментальных исследований (№17-08-01206) «Исследование упругонапряженных висмутсодержащих многокомпонентных полупроводниковых наногетероструктур» (Руководитель к.ф.-м.н. М.Л. Лунина, 2017-2019 гг.)</p> <p>В рамках модели простых растворов проведен анализ гетерофазных равновесий в системе GaInSbAsPBi. Для диапазона температур $T = 773\text{--}873\text{ K}$ рассчитаны границы существования твердого раствора GaInAsSbPBi и определены термодинамические ограничения, характеризующие его выращивание. На основе проведенного анализа методом зонной перекристаллизации градиентом температуры выращен твердый раствор GaInAsSbPBi на подложке GaSb. Показано, что введение висмута в твердый раствор GaInAsSbP расширяет область его существования, уменьшает ширину запрещенной зоны, увеличивает относительное рассогласование слоя и подложки при концентрации Bi > 0.3 ат. %, но уменьшает пределы составов изопериодных гетероструктур GaInAsSbPBi/GaSb. Показано, что полуширина линий качания и полос спектров фотолюминесценции гетероструктур GaInSbAsPBi/GaSb увеличилась с ростом содержания висмута. Экспериментальные исследования структурного совершенства гетероструктур GaInSbAsPBi/GaSb позволили</p>
--	---

		<p>выявить оптимальные параметры процесса зонной перекристаллизации в поле температурного градиента, при которых эпитаксиальные слои имели минимальную шероховатость и высокое кристаллическое совершенство: градиент температуры $10 \leq G \leq 30$ К/см, толщина жидкой зоны $60 < l < 100$ мкм, температурный интервал $773 \leq T \leq 873$ К, концентрация висмута не более 0.3 ат. %.</p> <p>78) Российский фонд фундаментальных исследований (№17-08-01724_a) Разработка методов прогнозирования свойств и создание новых конструктивных особенностей экологически чистой датчиковой аппаратуры основанной на бессвинцовых пьезокерамических материалах (Руководитель с.н.с. Юрасов Ю.И., 2017-2019 гг.) Проведены исследования структуры, микроструктуры на сканирующем 3D лазерном микроскопе KEYENCE VK-9700 и диэлектрических свойств в интервале температур 20-650 С твердых растворов (ТР) систем бессвинцовых пьезокерамик, а также свинецсодержащих ТР системы $(1-x)\text{PbZrO}_3\text{-}x\text{PbTiO}_3$ (ЦТС) с $x=0.31$, $x=0.45$ и $x=0.57$, которые являются основой большинства пьезокерамик участвующих в производстве датчиковой аппаратуры различного назначения. Установлено, что:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в бессвинцовых ТР, применяемых в вибродатчиках, что температура фазового перехода сопоставима с таковыми температурами в свинецсодержащих композиций, а характер изменения зависимости хорошо коррелирует с температурной зависимостью $\epsilon/\epsilon_0(T) \mid f$ системы ЦТС; - с увеличением температуры спекания фазовая картина в целом сохраняется, но изменяются протяженности фазовых областей; - результаты исследования микроструктуры ТР систем показали, что тип зеренной структуры – изометрический, характерный для ниобата натрия. Форма кристаллитов - ромбическая. Зеренный ландшафт характеризуется плотной упаковкой кристаллитов с равновесными границами. Размер кристаллитов крайне неоднороден по размеру: он может колебаться от единиц до нескольких десятков микрометров. <p>9) Российский фонд фундаментальных исследований (№15-08-08263 А) Упругодеформированное состояние полупроводниковых гетероструктур с квантовыми</p>
--	--	--

		<p>точками (Руководитель в.н.с., д.ф.-м.н. С.Н. Чеботарев, 2015-2017).</p> <p>Разработан метод расчета энергии деформации на поверхности полупространства полупроводниковой пластины с заглубленными квантовыми точками. Показано, что поверхность квантовой точки можно аппроксимировать ограниченным числом плоских треугольников. Это позволяет провести интегрирование функции Грина в аналитическом виде. Проведено моделирование и выполнен анализ распределения энергии деформации на поверхности полупространства полупроводника в зависимости от глубины залегания квантовых точек и их формы: кубические, пирамидальные, усеченно-пирамидальные. Установлено, что увеличение глубины залегания квантовых точек приводит к смене характера распределения эквивалентных линий энергии деформации на поверхности полупространства – от квадратной к круговой. Для экспериментального исследования влияния глубины залегания квантовых точек InAs в матрице GaAs на возникающие упругие механические напряжения методом ионно-лучевой кристаллизации была выращена серия образцов с разной толщиной покровного слоя. В результате были получены образцы с различной глубиной залегания квантовых точек. Наблюдавшийся сдвиг характеристических LO-пикув в спектрах комбинационного рассеяния образцов InAs-QD/GaAs указывает на уменьшение механических напряжений при заглублении квантовых точек. Экспериментальные результаты находятся в хорошем согласовании с расчетами, проведенными по разработанной модели. Проведен расчет энергии деформации и пьезоэлектрического потенциала на поверхности полупроводника AlN(0001) с заглубленными гексагональными квантовыми точками InN. В гетероструктурах с квантовыми точками из-за различий постоянных кристаллической решетки формируется внутреннее поле упругих напряжений, влияющее на смещение положений экстремумов зоны Бриллюэна и появление встроенного электрического поля вследствие пьезоэффекта. Показано, что для гексагональных квантовых точек возможно аналитическое интегрирование функции Грина, что позволяет рассчитать энергию деформации и пьезоэлектрический потенциал. Теоретические расчеты показывают, что вблизи вершины гексагональных квантовых точек создаются сильные пьезоэлектрические поля. Установлено, что</p>
--	--	---

		<p>распределение энергии деформации и пьезоэлектрического потенциала на поверхности полупространства с гексагональными точкам симметрично относительно оси вращения. Над квантовыми точками формируется сильные деформации растяжения. Распределение пьезоэлектрического потенциала коррелирует. Полученные зависимости с физической точки зрения можно объяснить тем, что кристаллическая решетка подложки воздействуя на кристаллическую решетку квантовой точки, приводит к формированию в приграничных к квантовой точке слоях напряжений сжатия в плоскости xu и напряжений растяжения в вдоль оси z. На практике этот эффект можно использовать для повышения коэффициента захвата носителей заряда квантовыми точками. Предложен метод расчета упругих механических напряжений и индуцированных электрических полей в приграничной области «квантовая нить – матричный материал». Объектами исследования служили квантовые нити арсенида индия квадратного сечения, помещенные в бесконечное пространство матричного материала из арсенида галлия, а также квантовые нити нитрида индия гексагонального сечения, заключенные в бесконечное пространство нитрида алюминия. Установлено, что на границе «квантовая нить – матричный материал» формируется скачок механических напряжений для обоих типов квантовых нитей. Упругие напряжения в центре квадратной нити InAs ($\gamma_{xx} + \gamma_{zz}$) = 0,107, в центре гексагональной нити InN – ($\gamma_{xx} + \gamma_{zz}$) = 0,196. Внутри квадратной квантовой нити InAs распределение x-компоненты напряженности поля возрастает и достигает максимума $E_x = 0,4 \cdot 10^7$ В/м. Для гексагональной нити на границе создается скачок напряженности x составляющей электрического поля, симметрично спадающий по обе стороны границы. В центре гексагональной нити InN напряженность электрического поля становится отрицательной и снижается до $E_x = -47 \cdot 10^7$ В/м. На границе квадратной нити InAs и матрицы GaAs наблюдается максимум $E_z = -0,8 \cdot 10^7$ В/м. В отличие от квадратных нитей для гексагональных нитей в приграничной области InN/AlN создается поле $E_z = -138 \cdot 10^7$ В/м.</p> <p>10) Российский фонд фундаментальных исследований (№16-08-01052_a) Исследование процесса управления функциональными свойствами полупроводниковых фоточувствительных</p>
--	--	---

		<p>материалов выращенных ионно-лучевой кристаллизацией (Руководитель с.н.с. А.С. Пащенко, 2016-2017 гг.)</p> <p>Разработана оснастка оборудования для управляемого легирования в процессе ионно-лучевой кристаллизации полупроводниковых материалов АПВV. Показано, что разделение потоков примеси и основного вещества повышает контроль над процессом легирования структур. За основу взят метод легирования из твердотельного источника. Отличительной его особенностью от описанных ранее в литературе является отсутствие второго ионного источника. Исследовано влияние энергетических характеристик пучка ионов на морфологию растущих эпитаксиальных слоев и nanoостровков InAs (квантовых точек).</p> <p>Установлено, что наименьшие размеры наблюдаются в диапазоне энергий 150–200 эВ, когда образуются квантовые точки с размерами менее 20 нм. Определены технологические параметры процесса выращивания напряженных гетерограниц "барьер-квантовая яма" в системе InAs/GaAs.</p> <p>Показано, что в диапазоне энергий ионов 150 200 эВ при неизменной температуре процесса 500°С и токе пучка 120 мкА образуется массив квантовых точек InAs со средними размерами менее 15 нм и поверхностной плотностью более 10^{11} см⁻².</p> <p>Проведено легирование барьерного слоя GaAs в процессе ионно-лучевой кристаллизации. В качестве легирующей примеси использовано соединение SnTe. Достигнута максимальная концентрация доноров $8.7 \cdot 10^{18}$ см⁻³ при температуре испарителя 415°С. Исследован транспорт носителей заряда путем измерения темновых вольтамперных характеристик.</p> <p>Установлено, что при напряжениях смещения менее 0.5 В основным механизмом переноса носителей заряда из квантовой точки в зону проводимости барьерного слоя является термоэлектронная эмиссия. При напряжении смещения более 1.0 В преобладает туннелирование, стимулированное внешним электрическим полем. Выявлено, что увеличение концентрации легирования барьерного слоя приводит к уменьшению напряжения, при котором происходит изменение механизма переноса носителей заряда до 0.47 В (при 10^{18} см⁻³).</p> <p>Измерением спектральных зависимостей внешнего квантового выхода и световых вольтамперных характеристик изучено влияние технологических параметров на фотоэлектрические характеристики</p>
--	--	--

		<p>экспериментальных образцов. Показано, что наибольшие значения тока короткого замыкания, напряжения холостого хода и внешнего квантового выхода достигаются в интервале температур подложки 500-550°C. Обнаружен эффект повышения спектральной чувствительности выращенных наногетероструктур InAs/GaAs в инфракрасной области излучения (900–1250 нм) за счет введения квантовых точек InAs в активную область наноструктуры. Методом фотолюминесценции и рамановской спектроскопии исследовано влияние многокомпонентных твердых растворов АПВV изопериодных InAs на релаксацию упруго-напряженных гетероструктур InAs/GaAs. Эксперимент проведен на примере тройного раствора GaAs_{1-x}Bi_x. Показано, что введение висмута в GaAs с долей $x=1-5$ ат. % сопровождается красным смещением пиков фотолюминесценции квантовых точек InAs. По результатам рамановских исследований установлено смещение спектров гетероструктур InAs/GaAs_{1-x}Bi_x относительно спектра гетероструктуры InAs/GaAs в область меньших волновых чисел. Это доказывает большую степень релаксации гетероинтерфейса InAs/GaAs_{1-x}Bi_x по сравнению с InAs/GaAs за счет уменьшения величины рассогласования параметров кристаллических решеток. Установлено, что ограничение квантовых точек InAs сверху и снизу твердым раствором GaAsBi создает структуру, в которой квантовые точки InAs находятся в квантовой яме GaAs_{1-x}Bi_x, ограниченную более широкозонными барьерами GaAs.</p> <p>11) Российский фонд фундаментальных исследований (№16-38-00575 мол_a) Исследование физических явлений на поверхности растущего слоя при управляемом легировании наноразмерных полупроводниковых пленок методом ионно-лучевой кристаллизации (Руководитель с.н.с. А.С. Пашенко, 2016-2017 гг.)</p> <p>Разработан способ управляемого легирования в процессе ионно-лучевой кристаллизации наноразмерных полупроводниковых пленок. Отличительной особенностью от классического способа физического распыления ионами является отсутствие второго ионного источника. Вместо него использован резистивный графитовый испаритель для разделения потоков ростового вещества и легирующей примеси. В экспериментах по легированию пленок кремния сурьмой показано, что</p>
--	--	---

		<p>в процессе ионно-лучевой кристаллизации Si при температуре 550 °С со скоростью осаждения 0.35 МС/с температура испарителя Sb должна варьироваться в интервале 150 – 300 °С с целью баланса скоростей ростовых компонентов, так чтобы поток сурьмы не превышал потока кремния. Исследована зависимость концентрации носителей заряда (Sb) в слое Si (100) от температуры твердотельного испарителя. Установлено, что при изменении температуры испарителя от 150 до 300 °С концентрация сурьмы в тонком слое кремния изменяется с 10^{15} до 10^{18} см⁻³.</p> <p>Исследовано влияние отношения потоков ростового вещества к примеси на равномерность профилей легирования сурьмой пленок кремния при неизменной температуре подложки. Изучена температурная зависимость коэффициента прилипания (адсорбции) сурьмы к кремниевой подложке с кристаллографической ориентацией (111) в условиях ионно-лучевой кристаллизации. Температура подложек изменялась в интервале 550–850 °С. Легирование кремниевого слоя проводилось при отношении потоков кремния и примеси RSi/Sb в диапазоне 10^6–10^1. Установлено, что при параметре $R_{Si/Sb} < 10^3$ проявляется эффект накопления примеси в направлении роста слоя. Увеличение уровня легирования обусловлено низкой скоростью объемной диффузии Sb, что приводит к увеличению ее концентрации в каждом монослое. Проведено исследование по созданию резких профилей легирования в процессе ионно-лучевой кристаллизации. На толщине слоя 200 нм получен профиль легирования с перепадом концентраций в 10 раз. Наблюдаемое уширение пика легирования обусловлено объемной диффузией сурьмы. Результаты исследования в температурном диапазоне подложки 550–850 °С и потоке сурьмы $f_{Sb} \approx 2,1 \cdot 10^{12}$ см⁻²•с⁻¹ показывают, что коэффициент прилипания уменьшается с ростом температуры подложки в 10^4 раз.</p>
25	<p>Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам (в том числе по госконтрактам с привлечением бизнес-партнеров) в период с</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. «Разработка физических основ получения наноструктур с квантовыми точками в активных областях для оптоэлектронных приборов» (Научный руководитель, д.ф.-м.н. Л.С. Лунин) (№ госрегистрации 01201354240). 2. «Гетероструктуры, многослойники и сверхрешетки нелинейных диэлектриков – новая континуальная среда для микроэлектроники нового поколения» (№ гр 01201354247, 0256-2014-0002)

	2015 по 2017 год	(руководитель В.М. Мухортов)
26	Доля внебюджетного финансирования в общем финансировании организации в период с 2015 по 2017 год,	0.02000
26.1	Объем выполненных работ, оказанных услуг (исследования и разработки, научно-технические услуги, доходы от использования результатов интеллектуальной деятельности), тыс. руб.	2015 г. – 190.200 2016 г. – 354.400 2017 г. – 424.400
26.2	Объем доходов от конкурсного финансирования, тыс. руб.	2015 г. – 2470.000 2016 г. – 7402.500 2017 г. – 7742.000

УЧАСТИЕ ОРГАНИЗАЦИИ В ЗНАЧИМЫХ ПРОГРАММАХ И ПРОЕКТАХ

27	Участие организации в федеральных научно-технических программах, комплексных научно-технических программах и проектах полного инновационного цикла в период с 2015 по 2017 год.	<p>Сотрудники ЮНЦ РАН принимают участие в реализации грантов РФФИ в рамках конкурса проектов фундаментальных научных исследований, выполняемых молодыми учеными – докторами или кандидатами наук, в научных организациях Российской Федерации в 2016-2018 гг., Задача Конкурса (комплексной научно-технической программы) – создание молодым ученым, защитившим диссертации на соискание ученой степени доктора наук или кандидата наук условий для выполнения фундаментальных научных исследований, содействие в трудоустройстве и закрепление молодых ученых в российских научных организациях, которые располагают наилучшими возможностями для проведения исследований в избранной ими области знания, привлечение зарубежных молодых ученых для работы в российских научных организациях:</p> <p>1. Грант РФФИ №16-38-60127_мол_а_дк) «Управление физическими процессами роста и легирования напряженных АПВВ гетерограниц и когерентных nanoостровков» (Руководитель с.н.с. А.С. Пашенко).</p> <p>2. Грант РФФИ № 16-32-60095 «Фазовые превращения, макроотклики и магнитодиелектрические взаимодействия в многофункциональных кислородно-октаэдрических средах со структурами типа перовскита и калий-</p>
----	---	---

		вольфрамовой бронзы в различных твердотельных состояниях: керамика, монокристаллы, пленочные структуры». (Руководитель - к.ф. - м.н. Павленко А.В.).
ВНЕДРЕНЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ		
28	Наличие современной технологической инфраструктуры для прикладных исследований в период с 2015 по 2017 год.	<p>В ЮНЦ РАН в 2017 г. создан Центр коллективного пользования «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)» на базе стационара БНЭБ «Кагальник», в рамках которого эффективно используется дорогостоящее научно-исследовательское и научно-технологическое оборудование, в частности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - цветной 3D лазерный сканирующий микроскоп KEYENCE VK-9700 Generation II; - система получения сверхчистой воды Simplicity UV(Франция); - сканирующий электронный микроскоп производства компании "Carl Zeiss" серии EVO модель 40 XVP (Германия); - генератор сигналов специальной формы АКПП 3408/2 (Россия); - установки для напыления тонки пленок Плазма-50-СЭ и аналоги (Россия); - рентгеновский измерительный комплекс «РИКОР» предназначен для исследования многослойных структур в нанометровом диапазоне толщин неразрушающими методами: тонких пленок; сверхгладких поверхностей; многослойных структур; ансамблей наночастиц; монокристаллов, поликристаллов. <p>Наличие данного спектра оборудования и разработанных оригинальных методик позволяет получать и детально исследовать как в ex-situ, так и в in-situ режимах многослойные эпитаксиальные гетероструктуры и сверхрешетки различных функциональных материалов (сегнетоэлектриков, мультиферроиков, антисегнетоэлектриков и др.), которые могут быть использованы для разработки новых типов устройств, датчиков и элементов интегральных схем.</p> <p>Кроме того в ЮНЦ РАН имеется оборудование позволяющее осуществлять детальные исследования полученных материалов: определение кристаллической структуры (параметров, симметрии элементарной ячейки и эпитаксиальных</p>

		соотношений между слоями гетероструктуры и подложкой, за счет возможности сканирования в симметричной и асимметричной геометриях дифракционных отражений) и микроструктуры (толщина, шероховатость и морфология поверхности, элементный состав) материалов, а также имеется возможность нанесения металлических электродов и исследования с их помощью электрофизических характеристик. Это позволило достичь представленных в п.7 наиболее значимых научных результатов.
29	Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены в период с 2015 по 2017 год	В рамках договоров о сотрудничестве с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южный федеральный университет» и Федеральным государственным унитарным предприятием "Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи" были внедрены разработанные в ЮНЦ РАН технологии синтеза тонких сегнетоэлектрических пленок титаната бария стронция и ниобатов бария стронция, которые эффективно были использованы при изготовлении гетероструктур на основе указанных материалов на диэлектрических и металлических подложках, выступивших в качестве объектов проводимых организациями исследований. По результатам внедрения в период с 2015 по 2017 г. было опубликовано совместно более 15 научных статей, индексируемых в базах данных Scopus и WOS, подготовлены и успешно защищены 2 диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, поданы 5 заявок на получение грантов РФФИ и РФФ.
30	Участие организации в разработке и производстве продукции двойного назначения (не составляющих государственную тайну) в период с 2015 по 2017 год	<ol style="list-style-type: none"> 1. В рамках сотрудничества с Федеральным государственным унитарным предприятием "Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи" было принято участие в разработке функциональных гетероструктур на основе тонких пленок титаната бария-стронция с толщиной пленки менее 18 нм, на которых созданы макеты работающих фазовращателей при управляющем напряжении 12 В. 2. При выполнении исследований и разработок в рамках Стипендии президента РФ (№СП-1689.2015.3) «Поиск, разработка и создание новых композиционных материалов на основе высокотемпературных мультиферроиков и сегнетоэлектриков для нужд авиационной, ракетно-

		<p>космической техники и наземной инфраструктуры» были разработана технология получения и установлены закономерности формирования диэлектрических и магнитоэлектрических характеристик ряда перспективных сегнетоэлектриков-релаксоров и высокотемпературных мультиферроиков.</p>
--	--	---

IV. Блок дополнительных сведений

ДРУГИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ

31	Любые дополнительные сведения организации о своей деятельности в период с 2015 по 2017 год	<p>В 2002 г. руководством Российской академии наук по инициативе Аппарата Полномочного представителя Президента РФ в ЮФО и Администрации Ростовской области было принято стратегическое решение о создании Южного научного центра Российской академии наук (Постановление Президиума РАН № 367 от 10.12.2002 и Общего собрания РАН № 32 от 19.12.2002), что реализовалось, в том числе, в создании отдела физики и астрономии (научный руководитель - академик Ю.Ю. Балега), в состав которого входили лаборатория физики тонких сегнетоэлектрических пленок (заведующий – д.ф.-м.н. В.М. Мухортов) и активных сред и материалов (заведующий – к.ф.-м.н. Павленко А.В.) и отдела нанотехнологий, солнечной энергетики и энергосберегающих технологий (научный руководитель, заведующий отделом – д.ф.-м.н. Л.С. Луин).</p> <p>Тематика исследований отделов находится в полном соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 – 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2012 г. № 2237-р, и отвечает приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации в части перехода к новым материалам и способам конструирования приборов фотоники и нанoeлектроники нового поколения.</p> <p>Ключевые направления исследований:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Механизмы роста пленок многокомпонентных сложных оксидов из сильноточного емкостного асимметричного высокочастотного разряда при наличии плазменного конденсата. • Особенности сегнетоэлектрического состояния в наноразмерных гетероструктурах, включая многослойные и сверхрешетки на различных подложках. • Междисциплинарные исследования, направленные на создание принципиально новой микроэлектроники акустического, терагерцового и оптического диапазонов длин волн. • Нелинейные эффекты в структуре сегнетоэлектрик – полупроводник и их использование в принципиально новых МЕМС и энергонезависимой электрически перепрограммируемой сверхплотной и сверхбыстрой памяти. • Исследования фотоэлектрических процессов в многокомпонентных наногетероструктурах для
----	--	---

	<p>СВЧ-электроники и фотоники.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка теории, методов и технологии создания наногетероструктур для солнечных энергетических установок нового и будущего поколения. • Исследование и разработка технологии создания перспективных монокристаллов и гетероструктур. • Разработка фундаментальных основ создания полупроводниковых приборно-ориентированных структур для оптоэлектроники. <p>Осуществляется активное взаимодействие с Минобрнауки, Президиумом и Отделениями РАН, федеральными и местными органами законодательной и исполнительной власти, министерствами и ведомствами, вузами и научными организациями. Большое внимание уделяется популяризации результатов научных исследований и привлечению внимания общественности к социально значимым проблемам Юга России. Расширенные заседания Президиума, конференции и круглые столы, посвященные наиболее острым вопросам ЮФО и СКФО, стали авторитетной площадкой для выработки конструктивного диалога науки и власти.</p> <p>Сотрудники ЮНЦ РАН, в рамках договоров о сотрудничестве с образовательными учреждениями Ростовской области, в период с 2015 по 2017 г. неоднократно выступали оппонентами и рецензентами диссертационных работ магистров и аспирантов по данному направлению, а также были непосредственно научными руководителями аспирантов, успешно защитивших диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук:</p>
--	--

Руководитель
организации

Председатель

(должность)



(личная подпись)

С.В. Бердников

(расшифровка
подписи)