

ОБЗОР ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАЛИЗАЦИИ КРУПНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Д.В. Беликов, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, belikovdi@extech.ru
Э.С. Шишкин, нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, shishkines@extech.ru
Рецензент: А.А. Остроушко, зав. отд., профессор, ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», д-р хим. наук, alexander.ostroushko@urfu.ru

В статье приведен обзор результатов реализации в 2021 г. шести крупных научных проектов в области материаловедения по приоритетным направлениям научно-технологического развития, выполняемых консорциумами научных организаций и образовательных учреждений России в рамках Государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

Ключевые слова: государственная программа, Федеральный реестр экспертов, единая государственная информационная система учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, спинтроника, молекулярная электроника, квантовый компьютер, селективность, инновационные технологии, низкоразмерные кристаллы, акустоэлектроника, переработка полимеров, молекулярно-лучевая эпитаксия, гетероструктуры, синхротронное излучение, высокоэнергетическое воздействие на материалы, деформирование и разрушение материалов.

REVIEW OF INTERIM RESULTS OF THE IMPLEMENTATION OF MAJOR SCIENTIFIC PROJECTS IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE IN PRIORITY AREAS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

D.B. Belikov, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, belikovdi@extech.ru
E.S. Shishkin, Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Engineering, shishkines@extech.ru

The article provides an overview of the results of the implementation in 2021 of six major scientific projects in the field of materials science in priority areas of scientific and technological development carried out by consortia of scientific organizations and educational institutions of Russia within the framework of the state program «Scientific and Technological Development of the Russian Federation».

Keywords: state program, Federal Roster of Experts, unified state information system for accounting of research, development and technological works for civil purposes, spintronics, molecular electronics, quantum computing, selectivity, innovative technologies, low-dimensional crystals, acousto-electronics, polymer processing, molecular beam epitaxy, heterostructures, synchrotron radiation, high-energy impact on materials, deformation and destruction of materials.

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642 [1], устанавливает приоритетные направления развития науки и технологий на ближайшие 10–15 лет. К таким

направлениям, в частности, относятся исследования в области материаловедения, базирующиеся, в свою очередь, на результатах фундаментальных и прикладных работ в областях физической химии, металлофизики, физики твердого тела, технологии металлов, сопротивления материалов и др.

Подпрограммой 3 «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» Государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377 [2], предусмотрено мероприятие 3.2.11 «Реализация крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития» основного мероприятия 3.2 «Обеспечение реализации программы фундаментальных научных исследований».

В целях реализации мероприятий данной Государственной программы заключено 41 соглашение о предоставлении из федерального бюджета в 2020–2022 гг. гранта в форме субсидии (далее — грант) в размере 100 млн руб. ежегодно на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития [3].

Организацией-монитором для оценки результатов работ, проведенных получателями грантов за 2021 г. являлось ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ. Экспертиза проводилась комплексно, как с привлечением экспертов Федерального реестра экспертов [4], так и экспертов-мониторов из числа сотрудников института.

Обзор промежуточных результатов работ в соответствии с приоритетом «а» «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта», п. 20 Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, представлен далее.

Проект «Фундаментальные основы спиновых технологий и направленного конструирования «умных» полифункциональных материалов для спинтроники и молекулярной электроники»

Головной исполнитель — ФГБНУ «Институт проблем химической физики Российской академии наук». Соисполнители: ФГБНУ «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН», ФГБНУ «Институт «Международный томографический центр» СО РАН», ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», ФГБНУ «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН».

Руководитель проекта — академик РАН, д-р хим. наук, профессор С.М. Алдошин.

Цель проводимых исследований

Получение прорывных фундаментальных и поисковых научных результатов в области спиновых технологий создания новых материалов и веществ для молекулярной электроники, спинтроники и квантового компьютеринга в целях перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, персонализированной медицине.

Актуальность проводимых исследований

Разработка новых веществ, материалов и современных технологий в области спинтроники, молекулярной электроники и мономолекулярного магнетизма имеет решающее значение для обеспечения перехода от микроэлектроники к наноэлектронике и преодоления предела, который не позволяет одновременно уменьшать размеры логических элементов, сохраняя при этом быстродействие и длительность хранения информации.

Основные результаты

Впервые в мире предложен и экспериментально показан принцип создания магниторезистивного биосенсора на платформе CoFeB/Ta/CoFeB для бесконтактной идентификации магнитомеченых клеток и развития экспресс-измерений «лаборатория на чипе» — рис. 1. Синтезирован и исследован уникальный комплекс двухвалентной меди, демонстрирующий

свойства молекулярного магнита при приложенном магнитном поле, равным 500 эрстед, перспективный для молекулярных спиновых устройств или в качестве молекулярных квантовых битов — рис. 2. Предложен и продемонстрирован новый метод прямого детектирования квантовых биений в системе электронных спинов, что имеет важнейшую фундаментальную значимость и потенциал для будущих разработок устройств спинтроники и наноэлектроники. Впервые в мире создан новый магнитоактивный наноматериал на основе нанокристаллического диоксида церия, допированного гадолинием и стабилизированного декстраном для развития методов тераностики социально значимых заболеваний, включая онкологические, — рис. 3. Разработаны два типа устройств оптической памяти на основе органических полевых транзисторов с фотохромными спиропиранами (Buf-5) и клатрохелатным комплексом Co_2^+ (рис. 4), и впервые в мире показана возможность эффективной модуляции этих устройств в оптическом режиме.

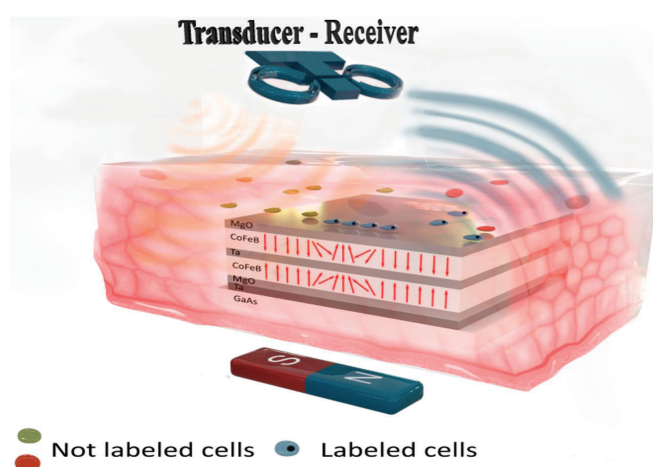


Рис. 1. Принцип создания магниторезистивного биосенсора на платформе CoFeB/Ta/CoFeB для идентификации магнитомеченых биологических объектов

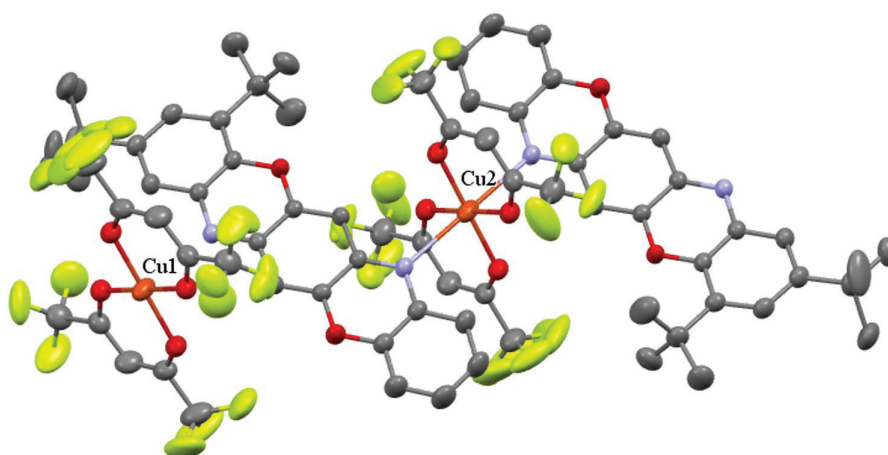


Рис. 2. Кристаллическая решетка комплекса двухвалентной меди, перспективного для приложений в молекулярных спиновых устройствах или в качестве молекулярных квантовых битов

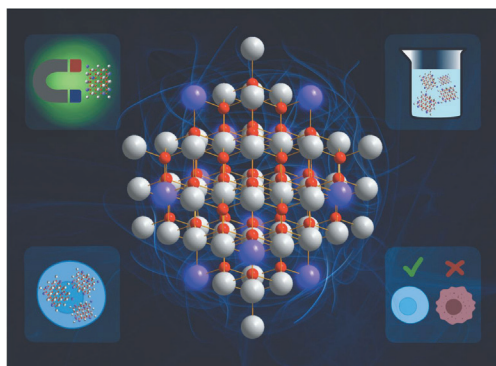


Рис. 3. Новый магнитоактивный наноматериал для развития методов тераностики социально значимых заболеваний, включая онкологические: $\text{CeO}_2\text{:Gd@декстран}$

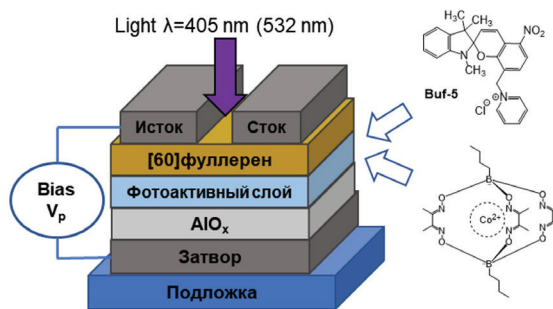


Рис. 4. Два типа устройств оптической памяти: на основе органических полевых транзисторов и фотохромных спиропиранов (Buf-5), на основе клатрохелатного комплекса Co_2^+

Ожидаемый эффект

Решение задач, связанных с развитием мономолекулярного магнетизма и спинтроники позволит создать новые эффективные устройства молекулярной и спиновой электроники, квантовые технологии хранения и обработки информации, которые существенно расширяют возможности дальнейшего развития общества и обеспечения научно-технологического суверенитета и конкурентоспособности РФ в мире.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [5]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 17. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, – 2 (одна из них докторская).

Проект «Физико-химические основы решения проблем селективности для создания инновационных технологий»

Головной исполнитель – ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук». Соисполнители: ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», ФГБУН «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН».

Руководитель проекта — академик РАН, д-р хим. наук, профессор А.Ю. Цивадзе.

Цель проводимых исследований

Проект направлен на проведение прорывных фундаментальных и поисковых научных исследований мирового уровня и разработку на основе полученных результатов селективных физико-химических систем для обеспечения технологического развития страны.

Актуальность проводимых исследований

Создание новых функциональных соединений, экстрагентов, сорбентов, поверхностно-активных веществ, гибридных материалов и устройств на их основе для решения проблемы селективности в процессах добычи, извлечения, аккумулирования и детектирования различных веществ.

Основные результаты

Разработанные новые литий-селективные экстрагенты (рис. 5) обладают на порядок большей литий-селективностью, на 1–2 порядка большими коэффициентами разделения и в 10–100 раз дешевле, чем зарубежные аналоги. Российские аналоги отсутствуют. Полученные экстрагенты не вызывают коррозию оборудования и не продуцируют опасные отходы, в отличие от зарубежных экстрагентов. На основе этих соединений разработан способ извлечения лития из природных рассолов с низкой концентрацией лития (10 мг/л) и смоделирован на каскаде центробежных экстракторов методом полного противотока. Полученные численные характеристики превосходят существующие аналоги (степень извлечения лития достигает 99,6% в сравнении с максимумом в 98% для аналогов, чистота полученного продукта 99,7% по литию в сравнении с максимумом в 95% для аналогов). Использование веществ и оборудования отечественного производства позволяет наладить экономически эффективную, экологически безопасную полностью отечественную технологию извлечения лития. При изучении КАРБЕКС-процесса (рис. 6) созданы гибридные схемы с элементами карбонатной технологии для повышения эффективности и комплексности переработки отработавшего ядерного топлива и вовлечения в переработку трудно перерабатываемых видов радиоактивных отходов. Разработаны новые процессы извлечения редкоземельных элементов, обладающие пониженной коррозионной активностью, пониженной пожаро- и взрывоопасностью, простотой регенерации основных компонентов. Синтезированы аминокантрахиноновые лиганды с различным гидрофильно-липофильным балансом, впервые выявлены и использованы особые свойства упорядоченных низкоразмерных объектов для детектирования катионов биологически значимых и токсичных металлов, что позволяет создавать новые наносенсоры.

Ожидаемый эффект

Наиболее значимые полученные результаты по разным направлениям позволяют разработать отечественную технологию добычи лития, значительно повысить эффективность переработки отработанного ядерного топлива, внедрить новые процессы в технологиях извлечения редкоземельных элементов, создавать лекарственные препараты нового поколения, интеллектуальные супрамолекулярные устройства, такие как наносенсоры.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [6]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, — 22. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, — 2 (одна из них докторская).

Проект «Фундаментальные основы формирования низкоразмерных кристаллов и создание на их основе электронных, опто- и акустоэлектронных наноприборов на новых физических принципах»

Головной исполнитель — ФГБУН «Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук». Соисполнители: ФГБУН «Институт

радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук», Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники».

Руководитель проекта – член-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук Д.В. Рошупкин.

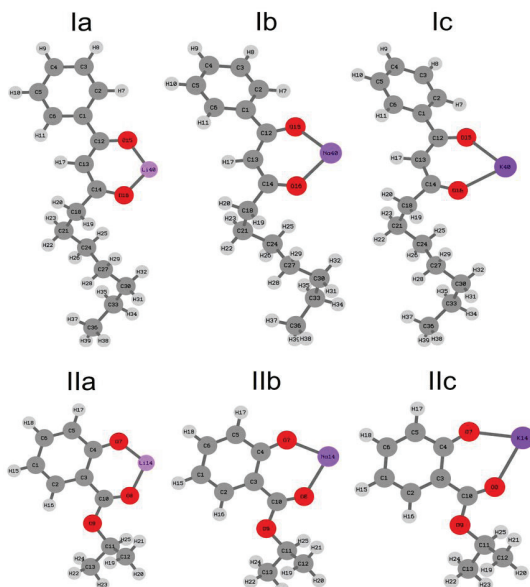


Рис. 5. Структура новых литий-селективных экстрагентов

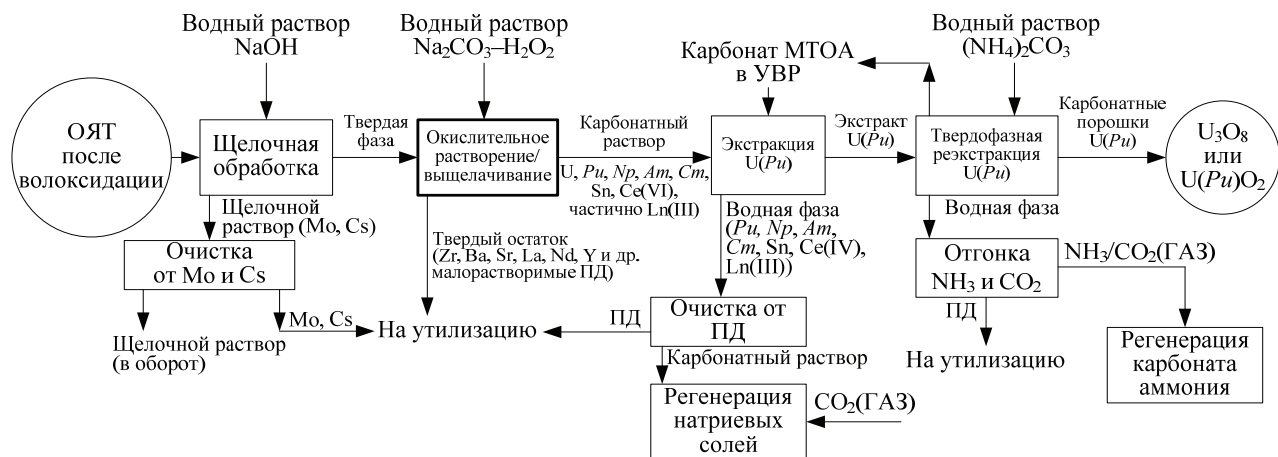


Рис. 6. Принципиальная схема переработки отработанного ядерного топлива

Цель проводимых исследований

Изучение принципов формирования 1D- и 2D-кристаллов и разработка прототипов электронных, опто- и акустоэлектронных приборов на их основе.

Актуальность проводимых исследований

Исследование новых явлений в наноразмерных материалах, таких как двумерные, квази-одномерные и квазинульмерные кристаллы графена, необходимо для разработки новых

методов формирования наноматериалов и приборных структур для развития электронной отечественной компонентной базы микро- и нанoeлектроники.

Основные результаты

Впервые в мире исследованы структурные свойства графена, выращенного методом химического осаждения из газовой фазы, изучено влияние процессов адсорбции на электрические свойства графена. Продемонстрирована возможность синтеза готовых микроструктур на подложках с предварительно нанесенным электронным пучком рисунком без дополнительных технологических операций. Исследованы двумерные кристаллы MoS_2 с интеркалированными квантовыми точками. Изготовлены и проведены исследования датчиков физических величин (рис. 7) на основе 1D- (наностержни ZnO) и 2D-кристаллов (графен). Создан прототип суперконденсатора на основе многослойных углеродных нанотрубок для использования в устройствах альтернативной энергетики. Разработаны частотно-управляемые магнито-акустические резонаторы с низким уровнем шумов и магнито-акустические генераторы спиновых волн на основе неоднородных гетероструктур (рис. 8), управляемых внешним магнитным полем, а также магнито-акустические осцилляторы на основе магнито-акустического резонатора.

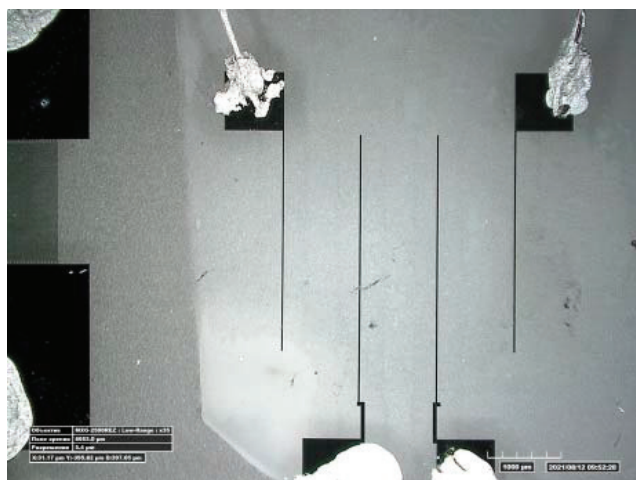


Рис. 7. Резонансный акустический датчик графен/YZ-срез кристалла LiNbO_3

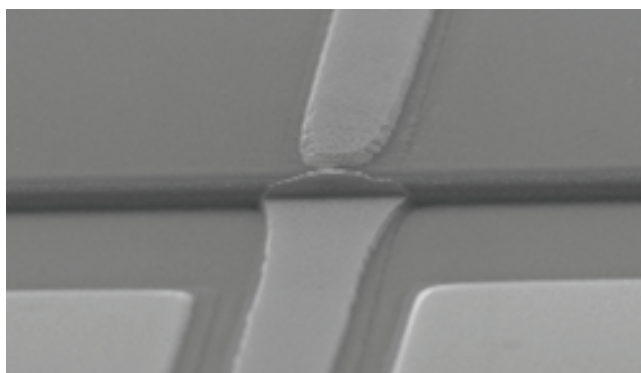


Рис. 8. Магнито-акустический генератор спиновых волн

Ожидаемый эффект

Результаты будут использованы предприятиями электронной промышленности АО «НИИМЭ» и АО «МИКРОН» при разработке энергоэффективной электронной компонентной базы микро- и нанoeлектроники, сенсорики.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [7]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, — 10. По результатам исследований защищено 3 диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Проект «Фундаментальные основы создания безотходных производств полимеров и полимерных материалов с программируемым сроком службы, отвечающих современным экологическим требованиям (Полимеры будущего)»

Головной исполнитель — ФГБУН «Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова Российской академии наук». Соисполнители: ФГБУН «Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН», ФГБУН «Институт высокомолекулярных соединений РАН», ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН», ФГБУН «Институт проблем химической физики РАН», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Руководитель проекта — акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор А.Р. Хохлов.

Цель проводимых исследований

Создание научных основ новых методов синтеза и регулирования свойств полимеров, которые позволят в дальнейшем обеспечить эволюцию полимерной промышленности в сторону создания экологически чистых производств и минимального воздействия на окружающую среду как в процессе эксплуатации, так и в процессе утилизации, точнее, запрограммированной самоликвидации таких материалов после окончания срока службы.

Актуальность проводимых исследований

Одним из самых востребованных направлений полимерной науки является поиск адекватной стратегии работы с полимерными отходами, без которой дальнейшее развитие науки о полимерах сталкивается с субъективными ограничениями, существенно снижающими потенциал использования полимерных материалов в народном хозяйстве. Актуальность исследований по проекту заключается в востребованности новых подходов к переработке полимерного мусора и разработке новых полимерных систем и методов их получения, не сопровождающихся накоплением таких отходов.

Основные результаты

Предложена оригинальная общая концепция решения проблемы полимерного мусора в планетарных масштабах (рис. 9). Реализация концепции позволит в ближайшие 3–5 лет существенно снизить количество полимерных отходов, поступающих на полигоны ТБО, и полностью отказаться от сжигания до 3 млн. т полимерных отходов в год. Разработан ряд новых полимерных материалов (термопластичные полиимиды, биоразлагаемые композиции на основе полилактидов, частично кристаллические полиимиды), соответствующих по своим характеристикам лучшим мировым образцам и являющихся основой для импортозамещения в области полимерных технологий: 3D-печати, производства экологичной упаковки, медицинских изделий из полимеров. Эффект от импортозамещения перечисленных продуктов может составить 300–400 тыс. т перечисленной номенклатуры, что эквивалентно выпуску продукции на сумму около 54 млрд. руб/год.



Рис. 9. Общая концепция решения проблемы полимерного мусора в планетарных масштабах

Ожидаемый эффект

Новая концепция позволяет наращивать производство пластиков, в том числе для упаковки, вместо их сокращения и в то же время указывает экологически безупречные пути их переработки и вторичного использования.

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [8]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, – 13. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, – 5 (две из них докторские).

Проект «Квантовые структуры для посткремниевой электроники»

Головной исполнитель – ФГБУН «Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН». Соисполнители: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики Российской академии наук», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет», ФГБУН «Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук».

Руководитель проекта – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор А.В. Латышев.

Цель проводимых исследований

Обеспечение мирового уровня научных исследований, технологий и разработок в области новых материалов и элементной базы, работающей на новых физических принципах, для микро/нано- и оптоэлектроники, нанофотоники, СВЧ-электроники, сенсорики, радиационно-стойкой электроники, квантовой электроники, ИК-техники.

Актуальность проводимых исследований

Разработка новых технологий и новых материалов для элементной базы перспективной электроники (топологические изоляторы, двумерный полуметалл, квантовые системы). Установление физических закономерностей квантовых и топологических полупроводниковых материалов и структур и определение возможностей их использования для перспективной посткремниевой электроники. Опережающее создание точек роста электроники и нанофотоники будущего на новых физических принципах на основе квантовых технологий.

Основные результаты

Разработана технология мирового уровня молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) квантовых гетероструктур на основе CdHgTe с прецизионным контролем толщины и элементного состава нанослоев. Разработаны научные основы технологии МЛЭ квантовых гетероструктур InP/InGaAs/InP для создания малощумящих однофотонных лавинных фотодиодов. Развита физическая концепция построения терагерцовых квантовых каскадных лазеров на основе полупроводниковых гетероструктур с квантовыми ямами HgCdTe для спектрального диапазона 7–10 ТГц. Созданы топологические изоляторы нового типа на основе MnBi_2Te_4 и топологически нетривиальные полупроводники на основе BiTeI, перспективные для создания топологически защищенных кубитов, с уникальными свойствами и возможностью их применения в устройствах спинтроники для генерации и энергоэффективного транспорта спиновых токов (рис. 10). Разработаны и изготовлены уникальные планарные элементы терагерцовой (ТГц) фотоники – поляризаторы, фильтры низких частот до 1,7 ТГц и преобразователи поляризации на частоты 139 и 87 ТГц для целей обеспечения безопасности, для выявления токсичных и других опасных веществ, а также для улучшения качества просвечивающего оборудования в медицине посредством использования безвредного ТГц-излучения. Предложен новый метод диагностики и локального спектрального анализа полупроводниковых наноматериалов, расположенных на поверхности металлических наноструктур, вблизи металлизированной иглы атомно-силового микроскопа. Впервые в мире создан полупроводниковый спин-детектор свободных электронов с пространственным разрешением (рис. 11). Интегрирование детектора в метод фотоэмиссии с угловым разрешением (ARPES) приведет к увеличению эффективности, в 10^4 – 10^6 раз превышающей для существующих одноканальных спин-детекторов.

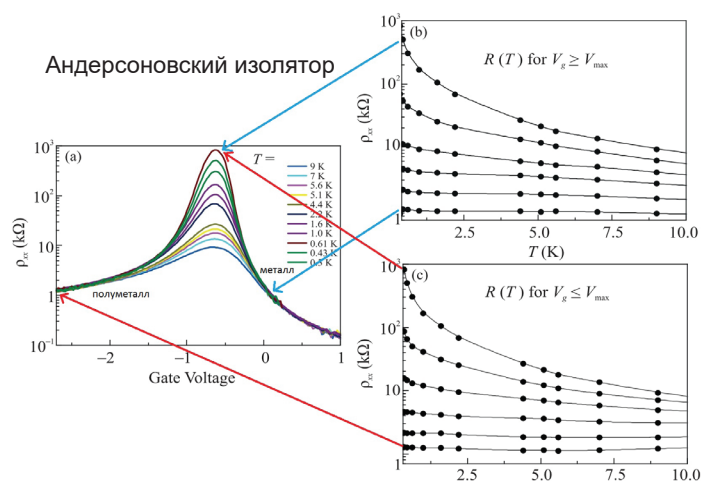


Рис. 10. Новая разновидность топологических изоляторов

Ожидаемый эффект

Результаты работ по проекту определяют фундаментальные основы развития посткремниевой электроники в рамках, сформированных научными коллективами центров компетенций. Полученные результаты найдут свое применение в сфере «зеленой» энергетики, в задачах медицинской диагностики и обеспечения безопасности. Дальнейшее развитие задач проекта будет способствовать прогрессу в наукоемких отраслях электронной промышленности и научного приборостроения, созданию новых рабочих мест и привлечению молодежи к решению актуальных научно-инженерных проблем.

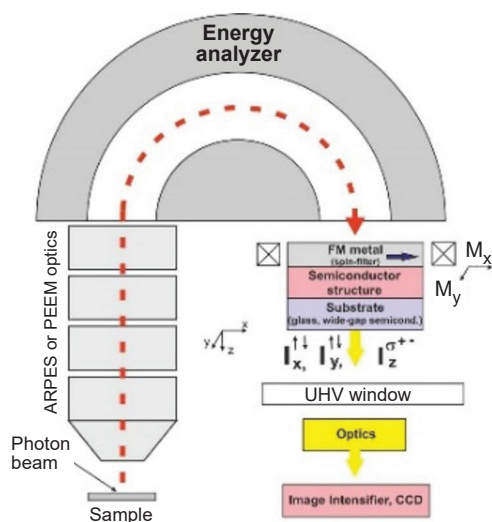


Рис. 11. Схема работы детектора

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [9]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, — 28. По результатам исследований защищено 6 диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Проект «Создание теоретической и экспериментальной платформы для изучения физико-химической механики материалов со сложными условиями нагружения»

Головной исполнитель — ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук». Соисполнители: ФГБУН «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН»; ФГБУН «Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН»; ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН»; ФГБУН «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН»; ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН».

Руководитель проекта — академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор В.М. Фомин.

Цель проводимых исследований

Создание экспериментально-теоретической платформы для изучения физико-химической механики материалов со сложными условиями нагружения, которая обеспечит поддержку проведения полных циклов исследований — от генерации фундаментальных знаний, основанных на современных методах исследований на установках «Мегасайнс», до разработки конкретных технологий и инновационных продуктов, предназначенных для решения приоритетных задач, выдвигаемых промышленностью, в том числе оборонной.

Актуальность проводимых исследований проекта определяется переходом к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Основные результаты

Впервые в мире созданы высокопрочные функциональные лазерные сварные соединения из авиационного алюминиевого сплава Д16Т, механическая прочность которых достигает 95–100% от значений исходного сплава. Разработана технология высокопрочной лазерной сварки разнородных материалов титанового сплава ВТ-20 и алюминиевого сплава В-1461 через тонкую интерметаллидную прослойку (Mg и Cu). Предложен метод построения сложных

моделей гетерогенных и градиентных сред и реализован в виде пакета программ Reactor-3D. Получен функционально-градиентный металлокерамический материал, содержащий в своем составе металлическую матрицу из сплава Ti64 и керамики.

Ожидаемый эффект

Разрабатываемая методология для использования синхротронного излучения будет иметь приоритетное значение при исследованиях на установке класса «Мегасайнс» (рис. 12) центра коллективного пользования «СКИФ» источника синхротронного излучения поколения «4+», который строится в Новосибирске в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг. согласно Указу Президента Российской Федерации от 25 июля 2019 г. № 356 «О мерах по развитию синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры в Российской Федерации».

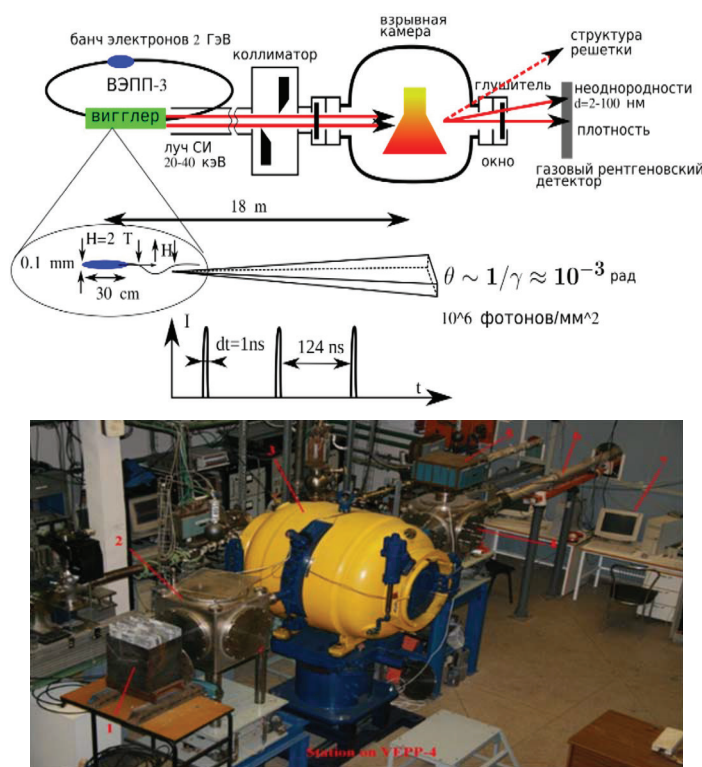


Рис. 12. Экспериментальная станция на ускорительном комплексе ВЭПП-4 ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск

Отражение результатов в ЕГИСУ НИОКТР [10]

Количество статей по тематике проекта в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных, — 17. Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, защищенных по результатам исследований, — 5 (одна из них докторская).

Результаты реализации крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития представлены на IX Международном форуме технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2022», прошедшем с 23 по 26 августа 2022 г. в г. Новосибирске [11].

В текущем году по всем перечисленным выше крупным проектам ожидаются итоговые результаты исследований, которые по большей части находятся на мировом уровне или являются уникальными.

Статья выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания на 2022 г. № 075-01615-22-05. Авторы сообщают об отсутствии конфликтов любых интересов.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.03.2019 № 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».
3. Протокол от 28.07.2020 № 2020-1902-01-3. оценки заявок на участие в конкурсном отборе на предоставление грантов в форме субсидий на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=18366&sphrase_id=4182299.
4. Положение о Федеральном реестре экспертов научно-технической сферы. URL: <https://reestr.extech.ru> (дата обращения 09.12.2022).
5. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/3MVYVA0D564JJ6D8BJIUY9H8> (дата обращения 09.12.2022).
6. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/PUHKL5YPDAFLPAEODC0P2OS> (дата обращения 09.12.2022).
7. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/X99YZ5FZ68PWV05CGYJLNJO3> (дата обращения 09.12.2022).
8. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/DH8OLNXQ0ALGL16BWX2RYVOD> (дата обращения 09.12.2022).
9. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/7DUMTJ3WN5CE05G7C4REVQBJ> (дата обращения 09.12.2022).
10. Информационная карта реферативно-библиографических сведений. URL: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/BIH5X02ATVRB70S4B85I80DK> (дата обращения 09.12.2022).
11. IX Международный форум технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2022» URL: <https://фортехнопром.рф> (дата обращения 09.12.2022).

References

1. *Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 01.12.2016 goda No. 642 «O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii»* [Decree of the President of the Russian Federation No. 642 dated 01.12.2016 «On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation»].
2. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 29.03.2019 g. No. 377 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Nauchno-tekhnologicheskoe razvitie Rossiyskoy Federatsii»* [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 377 dated 29.03.2019 «On Approval of the State Program of the Russian Federation «Scientific and Technological Development of the Russian Federation»].
3. *Protokol No. 2020-1902-01-3 ot 28 iyulya 2020 g. otsenki zayavok na uchastie v konkursnom otbore na predostavlenie grantov v forme subsidey na provedenie krupnykh nauchnykh projektov po prioritetnym napravleniyam nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii* [Protocol No. 2020-1902-01-3 of July 28, 2020. evaluation of applications for participation in the competitive selection for grants in the form of subsidies for major scientific projects in priority areas of scientific and technological development of the Russian Federation]. Available at: https://minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=18366&sphrase_id=4182299.
4. *Polozhenie o Federal'nom reestre ekspertov nauchno-tekhnicheskoy sfery* [Regulations on the Federal Roster of Experts in the Scientific and Technical Sphere]. Available at: <https://reestr.extech.ru> (date of access: 09.12.2022).

5. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/3MVYVA0D564JJ6D8BJIUY9H8> (date of access: 09.12.2022).

6. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/PUIILK5YPDAFLPAEODC0P2OS> (date of access: 09.12.2022).

7. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/X99YZ5FZ68PWV05CGYJLNJO3> (date of access: 09.12.2022).

8. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/DH8OLNXQ0ALGL16BW2RYVOD> (date of access: 09.12.2022).

9. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/7DUMTJ3WN5CE05G7C4REVQBJ> (date of access: 09.12.2022).

10. *Informatsionnaya karta referativno-bibliograficheskikh svedeniy* [Infocard of abstract and bibliographic information]. Available at: <https://rosrid.ru/ikrbs/detail/BII5X02ATVRB70S4B85I80DK> (date of access: 09.12.2022).

11. *IX Mezhdunarodnyy forum tekhnologicheskogo razvitiya «TEKhNOPROM 2022»* [IX International Forum of Technological Development «TECHNOPROM 2022»]. Available at: <https://форумтехнопром.рф> (date of access: 09.12.2022).