

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-02-2018-842, Внутренний номер соглашения 14.617.21.0001

Тема: «Экспериментальное и теоретическое исследование физических свойств квантовых нанoeлектронных систем пониженной размерности»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии

Период выполнения: 03.10.2017 - 30.06.2019

Плановое финансирование проекта: 57.60 млн. руб.

Бюджетные средства 28.80 млн. руб.,

Внебюджетные средства 28.80 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

Иностранный партнер: Греческий фонд исследований и технологий

Ключевые слова: Квантовая нанoeлектроника, криoeлектроника, макроскопические квантовые явления, сверхпроводимость, низкоразмерные системы, граничные явления, неравновесные явления, мезоскопика, квантовый транспорт, нанотехнология

1. Цель проекта

Целью проекта является исследование фундаментальных вопросов макроскопической квантовой когерентности и неравновесных квантовых процессов, являющихся базой для создания нового поколения нанoeлектронных устройств, имеющих потенциал для применения в таких областях как информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), вычислительная техника и различного рода электронные системы широкого профиля.

Тактической задачей проекта является создание высококлассного международного научного консорциума российских и греческих исследователей с комплементарной экспертизой, способствующей получению прорывных результатов в области изучения квантовых электронных явлений, наблюдающихся в твердотельных наноструктурированных и мезоскопических системах.

Исследовательская программа рассматривается как сбалансированный процесс, включающий технологические работы, эксперимент, теоретическое моделирование, численные расчеты и разработку прототипов нанoeлектронных устройств.

2. Основные результаты проекта

Разработаны научно-технологические основы получения, изготовления, микроскопического и структурного анализа новых наноструктурированных материалов и квантовых нанoeлектронных систем пониженной размерности.

Развита методика исследований транспортных характеристик различных квантовых нанoeлектронных систем и устройств при низких и сверхнизких температурах.

Построены теоретические модели, описывающие транспортные характеристики низкоразмерных квантовых нанoeлектронных систем пониженной размерности.

Подготовлены рекомендации по созданию конкурентоспособной продукции, услуг и использованию результатов проведенных исследований.

Были перевыполнены заявленные обязательства по публикациям результатов в высокорейтинговых международных изданиях, что подтверждает высокий уровень технологических разработок, теоретических и экспериментальных исследований.

Было продемонстрировано успешное и устойчивое межгосударственное научное взаимодействие с иностранным партнером. Были установлены прочные контакты с консорциумом иностранного партнера (четыре научных коллектива), которые привели к взаимовыгодному сотрудничеству и обогащению научными и технологическими методиками. В отчетном году было проведено два совместных совещания по проекту. Также результаты совместной работы были представлены на нескольких

международных научных конференциях.

Сайт проекта: <http://project-einstein.iesl.forth.gr/>

Информация на сайте исполнителя: https://miem.hse.ru/quantum_nanoelectronic_systems

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

По результатам работ подготовлены патентные заявки "Ячейка квантовой памяти на основе сверхпроводниковой наноструктуры" (уведомление ФИПС № 2018145450 от 20.12.2018), "Аппарат для электрохимического получения слоистых металлических нанопроводов" (уведомление ФИПС № 2019101459 от 18.01.2019)

4. Назначение и область применения результатов проекта

Тематика исследований проекта соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники РФ «Индустрия наносистем и материалов». Технологические решения, разработанные в рамках проекта, внесут ощутимый вклад в развитие критических технологий РФ «Нанотехнологии и наноматериалы» и «Технологии создания электронной компонентной базы».

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Низкоразмерные квантовые нанoeлектронные системы являются актуальным объектом изучения фундаментальных явлений и принципов физики конденсированного состояния, имеющих важное перспективное значение для различных приложений. В частности, дальнейшее повышение быстродействия и плотности элементов вычислительных устройств ограничивается допустимой плотностью тепловыделения традиционных (полупроводниковых) элементов, которое в настоящее время достигло предельных величин. В этой связи использование сверхпроводящих или спинтронных элементов в нанoeлектронных устройствах следующего поколения должно привести к огромным по масштабу качественно новым технологическим решениям.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Проект относится к фундаментальным исследованиям. Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности не входила в непосредственные задачи проекта.

Результаты, полученные в ходе выполнения проекта позволяют создать устройства, открывающие принципиально новые возможности для таких областей как информатика, телекоммуникация, метрология и вычислительная техника. Помимо огромной значимости для народного хозяйства, включая такие жизненно важные области как космическая, оборонная индустрия и национальная безопасность, квантовая нанoeлектроника открывает новые горизонты для фундаментальных исследований в широком спектре дисциплин, которые до недавнего времени считались имеющими мало общего: лингвистика и квантовая криптография, нейрохирургия и квантовая информатика.

Сегмент сверхпроводниковых квантовых устройств находится в специфической области использования и продаж промышленной продукции и имеет следующую специфику. Спецификой подобного оборудования является его узкая направленность, так как оборудование должно решать специализированные задачи в рамках определенной цели. В связи с этим для каждого конкретного случая применения необходимо формулировать отдельные требования к такому оборудованию, определяемые целями, для достижения которых предназначено данное оборудование. Требования назначения, а, следовательно, основные технические характеристики, оборудования сильно зависят от задач и условий их применения. Изделия такого класса для не выпускаются серийно, а разрабатываются индивидуально с учётом особенностей его использования, в первую очередь с учетом условий эксплуатации. С точки зрения оценки рыночного потенциала устройств на основе сверхпроводниковых наноструктур, особенностями рынка являются его не очень значительный объём при том, что имеет место сравнительно высокая стоимость продукции и повышенные требования к её работоспособности и надёжности. В связи с этим рыночный потенциал устройств определяется в первую очередь его конкурентоспособностью в сравнении с существующим оборудованием.

Кроме того, корректные выводы и предложения о коммерциализации данных устройств, в первую очередь определение их рыночной цены, возможно только после выполнения ОКР, по результатам которой будут подтверждены испытаниями значения потребительских параметров устройства в промышленном исполнении. По этим причинам оценка рыночного потенциала полученных результатов может быть проведена косвенным методом – путем сравнения характеристик устройств с соответствующими характеристиками наиболее близких аналогов, пользующихся спросом на рынке, т.е. прототипов.

Достигнутые успехи на пути создания нанoeлектронных сверхпроводниковых и/или спинтронных устройств показывают высокую вероятность создания нового типа конкурентного продукта, с новыми, улучшенными характеристиками, принципиально не достижимыми в рамках предшествующих технологий. Потенциальный объём рынка, оцененный исходя из специфики основных потребителей продукции, а также коммерческой самостоятельности разрабатываемой продукции, может

составить примерно 100 млн. руб. в год.

7. Наличие соисполнителей

Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН (ИФП)-2017-2018гг

Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН (ФИАН)-2017-2018гг

Институт физики твердого тела РАН (ИФТТ)-2017-2018гг

Московский физико-технический институт (МФТИ)-2017-2018гг

Иностранный партнер:

- Греческий фонд исследований и технологий (FORTH - головная организация иностранного партнера)-2017-2018гг
- Национальный исследовательский центр "Демокритос" (Demokritos)-2017-2018гг
- Технический университет г. Афины (TUA)-2017-2018гг
- Университет Аристотеля г. Салоники (AUTH)-2017-2018гг

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

Директор МИЭМ

(должность)

(подпись)

Крук Е.А.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

профессор

(должность)

(подпись)

Арутюнов К.Ю.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.