

Резюме проекта, выполненного

в рамках ФЦП

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

по этапу № 3/итоговый

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-02-2018-1493, Внутренний номер соглашения 14.621.21.0012

Тема: «Развитие Сибирского Центра синхротронного и терагерцового излучения»

Приоритетное направление:

Критическая технология:

Период выполнения: 28.08.2017 - 30.06.2019

Плановое финансирование проекта: 214.40 млн. руб.

Бюджетные средства 150.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 64.40 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук

Ключевые слова:

1. Цель проекта

- Развитие центра коллективного пользования (ЦКП) "Сибирский Центр Синхротронного и Терагерцового Излучения (СЦСТИ)" в области генерации и использования синхротронного и терагерцового излучения уникальным научным оборудованием для обеспечения поддержки реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации;
- Расширение перечня и комплексности оказываемых услуг, а также круга пользователей для обеспечения максимальной загрузки оборудования ЦКП СЦСТИ и обеспечения эффективного участия в реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации;
- Обеспечение внедрения упрощенной модели доступа и использования оборудования ЦКП СЦСТИ научными и образовательными организациями вне зависимости от их ведомственной принадлежности и формы собственности;
- Обеспечение возможности проведения на уровне высоких мировых стандартов исследований с использованием синхротронного и терагерцового излучения в таких научных областях как медицина, биология, химия, катализ, физика, материаловедение, геология, экология, археология, и др.;
- Развитие материально-технической базы ЦКП путем создания новых и развития уже существующих методов исследований, использующих синхротронное и терагерцовое излучение;
- Повышение эффективности использования, приобретенного и созданного в рамках ЦКП СЦСТИ уникального по техническим характеристикам научного оборудования;
- Подготовка высококвалифицированных специалистов для проведения прорывных научных исследований на экспериментальных установках, использующих синхротронное и терагерцовое излучение.

2. Основные результаты проекта

На первом этапе выполнения проекта проведена подготовка конкурсов по закупкам оборудования, закуплено и заказано (заключены договоры на поставку) дорогостоящее научное оборудование и комплектующие для ЦКП СЦСТИ как за счет средств субсидии, так и на привлеченные внебюджетные средства ИЯФ СО РАН.

Проведена модернизация трех установок ЦКП СЦСТИ с существенным улучшением их экспериментальных возможностей: модернизация установки Станция «Дифрактометрия при высоких давлениях» на каналах вывода СИ из накопителя ВЭПП-3, модернизация установки Станция «Взрыв - субмикросекундная диагностика» на каналах вывода СИ из накопителя ВЭПП-3 и модернизация установки Станция ««Дифракционное кино» - дифрактометрия с временным разрешением» на каналах вывода СИ из накопителя ВЭПП-3.

Разработаны и освоены две новые методики выполнения измерений: «Конфокальная рентгеновская микроскопия в диапазоне

энергий 12-26 кэВ на основе поликапиллярной оптики» и «Калибровка спектральной чувствительности измерителей мощности излучения ВУФ диапазона». Заключены договоры на аттестацию этих методик выполнения измерений с аккредитованной метрологической организацией ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии» (СНИИМ), г. Новосибирск.

Проведена школа молодых специалистов-пользователей ЦКП по обучению работе на новом оборудовании и с использованием новых методик.

Выполнены работы по подготовке помещений ЦКП СЦСТИ для установки приобретаемого оборудования.

Выполнены запланированные на первом этапе проекта значения показателей результативности предоставления субсидии.

На втором этапе выполнения проекта для ЦКП СЦСТИ было полностью заказано и приобретено оборудование и комплектующие входящие в заявленный для предоставления субсидии список. Научное оборудование и комплектующие были приобретены как на средства полученной субсидии, так и за привлеченные внебюджетные средства ИЯФ СО РАН.

Проведена модернизация 10-ти установок ЦКП СЦСТИ с существенным улучшением их экспериментальных возможностей:

1. «Метрологическая станция НЛСЭ»;
2. Станция «Прецизионная дифрактометрия и аномальное рассеяние» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-3;
3. Станция «Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный анализ» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-3;
4. Станция «LIGA технология и рентгеновская литография» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-3;

5. Метрологическая станция «Космос» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-4;
6. Системы ВЧ-питания НЛСЭ;
7. Канала транспортировки терагерцового излучения на НЛСЭ;
8. Системы измерения пучков излучения на НЛСЭ;
9. Станция «Рентгеновская микроскопия и томография» в экспериментальном зале СИ ВЭГТП-3;
10. Станция «EXAFS спектроскопия» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-3.

Были введены в эксплуатацию 11-ать установок, позволивших значительно расширить круг задач, выполняемых в ЦКП СЦСТИ:

1. «Канал транспортировки терагерцового излучения» от НЛСЭ к рабочим станциям;
2. Новая станция терагерцового излучения. Станция «Pump & probe» на НЛСЭ;
3. Новая станция синхротронного излучения. «Станция прецизионной дифрактометрии и рефлектометрии» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-4;
4. Новая станция синхротронного излучения. Станция «ПЛАЗМА» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-4М;
5. Дополнительный канал вывода излучения инфракрасного на НЛСЭ;
6. Новая станция терагерцового излучения. «Стенд для исследований прохождения терагерцового излучения через атмосферу на больших расстояниях» на НЛСЭ;
7. Новая станция терагерцового излучения. Станция «ЭПР- спектроскопии в терагерцовом диапазоне» на НЛСЭ;
8. Новая станция терагерцового излучения. «Станция исследований химических радикалов в терагерцовой области» на НЛСЭ;
9. Новая станция синхротронного излучения. Станция «Детонация» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-4;
10. Новая станция синхротронного излучения. Станция «Жесткая рентгеномископия» в экспериментальном зале СИ ВЭПП-4;
11. Новая станция терагерцового излучения. Станция «Измерение времен релаксации полупроводников» на НЛСЭ.

В рамках Международной конференции по генерации и использованию Синхротронного Излучения "SFR-2018", было проведено совещание пользователей ЦКП по обмену опытом, по использованию нового оборудования и новых методик.

При модернизации станции «Дифрактометрия при высоких давлениях» для увеличения потока квантов на образец в алмазных ячейках высокого давления (1-130 кбар) использована широкоапертурная рефракционная рентгеновская линза оригинальной конструкции. Модернизация станции должна повысить эффективность экспериментов при высоком давлении, которые основаны на методе алмазной ячейки в сочетании с СИ и являющимся уникальным в Сибирском отделении РАН.

Модернизация станции «Взрыв-субмикросекундная диагностика» развивает уникальные в мире методы исследования взрывных и ударно-волновых процессов на синхротронном излучении. При модернизации станции существенно улучшены или полностью заменены основные узлы станции и их компоненты; 1) блок формирования пучка СИ - улучшена система юстировки; 2) взрывная камера - установлена новая камера «ВК - 50», позволившая увеличить исследуемый боевой заряд более чем в 3 раза (50 г в тротиловом эквиваленте); 3) блок регистрации с детектором - установлен новый детектор DIMEX-G, обладающий существенно лучшими характеристиками, чем старый детектор DIMEX.

Модернизированная станция «Дифракционное кино» теперь обеспечивает проведение экспериментов при температурах от 4 до 876 К с повышением чувствительности метода в 3 раза за счет установки на станцию температурных камер Anton-Paar TTK-600 и криостата с рабочим диапазоном температур 4К-325К CFSG- 300-CELLNEUTRON, а также нового детектора Pilatus R3 300К-W, что выводит станцию на уровень ведущих мировых центров СИ.

С учетом плана работ за период выполнения проекта сотрудниками ЦКП СЦСТИ, по согласованию с представителями ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт метрологии» (СНИИМ), г.Новосибирск, был выполнен цикл измерений и экспериментов, необходимых для аттестации 7 -ми методик проведения экспериментов. По результатам работ созданы соответствующие методики проведения измерений, которые были аттестованы в ФГУП СНИИМ.

Была Подготовлена инфраструктура для установки приобретаемого оборудования на вводимые в эксплуатацию станции и стенды синхротронного и терагерцового излучения.

В результате проведенных работ по модернизации оборудования работающего в ЦКП СЦСТИ были достигнуты следующие результаты:

- Выполнена модернизация усилителей мощности ВЧ системы инжектора НЛСЭ, что повысило стабильность работы установки, упростило обслуживание и увеличило ресурс работы ВЧ-системы;
- Канал транспортировки ТИ от НЛСЭ к рабочим станциям оснащен новой современной 2-х канальной системой удаления водных паров и системой юстировки оптических резонаторов, что повисло на 10% эффективность использования установок, работающих на НЛСЭ.
- Метрологическая станция ТИ на НЛСЭ оснащена современной системой питания па полупроводниковых элементах, что повысило точность калибровки спектральных измерений на 20%, а измерений оптических параметров материалов на 30%.

- Модернизация станции СИ «Прецизионная дифрактометрия и аномальное рассеяние» на ВЭПП-3, позволила увеличить скорость счета системы регистрации в 10 раз, что повысило чувствительность к концентрации примесных фаз до 0.01%;
- Модернизация станции СИ «Локальный и сканирующий Рентгенофлуоресцентный анализ» на ВЭПП-3, увеличило пространственное разрешение получаемых распределений элементного состава до 5 мкм с минимальным порогом обнаружения 0.1 ppm;
- Модернизация станции СИ «LIGA технология и рентгеновская литография» на ВЭПП-3, позволила значительно (более чем в 2 раза) увеличить скорость создания уникальных микроструктур;
- За счет увеличения скорости подготовки ее к рабочему состоянию и использованию современного измерительного оборудования станция СИ «Космос» на ВЭПП-4 повысила эффективность ее использования на 40 %;
- Модернизация станции СИ «Рентгеновская микроскопия и томография» на ВЭПП-3 повысила пространственное разрешение получаемых изображений до 1 мкм и увеличило скорость их съемки в 2.5 раза;
- Модернизация станции СИ «EXAFS спектроскопии» на ВЭПП-3 позволила существенно расширить возможности станции для проведения стандартных экспериментов, за счет улучшения спектральной точности до 2 эВ и обеспечила возможность исследования локальной структуры разнообразных наносистем в режиме *in situ*.

В ходе мероприятий по оснащению ЦКП СЦСТИ новым оборудованием был осуществлен ввод в эксплуатацию новых станций синхротронного и терагерцового излучения позволившего достичь следующих результатов:

- Новая станция СИ «Прецизионной дифрактометрии и рефлектометрии» на ВЭПП-4 оснащена двухкоординатным детектором, камерой-реактором для исследования структурных превращений в материалах под воздействием низких и высоких температур, а также универсальным газоанализатором на основе квадрупольного масс-спектрометра для контроля состава газовой смеси в процессе протекания гетерогенных реакций, обеспечивает проведение рентгеновских структурных исследований материалов в контролируемой атмосфере при заданной температуре с точностью 1°C. При этом, достигнута скорость регистрации дифракционных спектров на уровне 1 кадр/мсек;
- На новой станции СИ «Плазма» на ВЭПП-4, предназначенной для изучения эффектов взаимодействия интенсивных потоков излучения с конструкционными материалами в термоядерных реакторах, получен лазерный импульс с длительностью ЮОмс и энергией 100 Дж. Прецизионные механизмы, расположенные на станции, позволяют локализовать область исследования с точностью 10 мкм;
- Ввод в эксплуатацию станции СИ «Жесткая рентгеномископия» на ВЭПП-4, позволяет панорамно измерять концентрацию лананоидов и тяжелых платиноидов с чувствительностью от 100 до 300 ppb в зависимости от основной матрицы образца.
- Запуск в эксплуатацию станции СИ «Детонация» на ВЭПП-4 позволило получить данные о прохождении ударных волн в материалах с неплоскостностью 3 угловых град;
- Для исследования динамики облачности создан стенд прохождения терагерцового излучения через атмосферу с возможностью регистрации водяных паров с плотностью от 0.1 до 1 г/м³ на расстояниях от 0.2 до 4 км;
- Новая станция ТИ «Измерение времен релаксации полупроводников» на НЛСЭ позволяет регистрировать импульсы терагерцового излучения с временным разрешением 6 наносекунд;
- Новая станция ТИ «ЭПР-спектроскопии в терагерцовом диапазоне» на НЛСЭ позволяет проводить эксперименты с миллисекундным временным разрешением в X-диапазоне;
- Новая станция ТИ «Исследований химических радикалов в терагерцовой области» позволяет проводить исследования кинетики и механизма мономолекулярных и бимолекулярных реакций непосредственно в процессе горения и позволяет изучать тонкую Земановскую структуру молекулярных спектров в сильных магнитных полях (до 7 Тл).

В рамках метрологического обеспечения измерений и испытаний в соответствии с метрологическими требованиями и нормами по обеспечению единства измерений при выполнении экспериментов в ЦКП СЦСТИ осуществлена аттестация следующих методик проведения экспериментов:

- Методика прецизионного определения параметров кристаллической структуры функциональных;
- Методика определения коэффициентов термического расширения рентгеноструктурными методами с использованием синхротронного излучения;
- Методика измерения коэффициента отражения в мягком рентгеновском диапазоне
- Методика измерений функций радиального распределения электронной плотности ультрадисперсных, слабоорганизованных и аморфных функциональных материалов;
- Методика измерений при определении концентраций редкоземельных элементов и тяжелых платиноидов в геологических образцах методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения;
- Методика измерений времен релаксации полупроводников методом накачки зондирования в терагерцовом диапазоне;
- Методика измерений средней терагерцовой мощности эталонным сапфировым калориметром.

Все запланированные задачи проекта успешно выполнены, а значения показателей результативности предоставления субсидии достигнуты.

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

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661710, Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12.09.2018 «Программный комплекс с интерфейсом для решения задач дифракции в приближении Френеля на плоских транспарантах в рамках скалярной теории дифракции «L81-WaveThruMasks»;

Изобретение заявка №2018140145 от 13.11.2018 «Способ создания структурированного рентгеновского экрана»;

Изобретение заявка №201830185.28(048860) от 20.08.2018 «Способ изготовления высокоаспектных микроструктур».

4. Назначение и область применения результатов проекта

Основным назначением получаемых результатов проекта является получение фундаментальных и прикладных знаний с

использованием синхротронного и терагерцового излучения научными организациями, высшими учебными учреждениями, а также организациями негосударственного сектора. Область возможного применения получаемых результатов весьма широка. Это медицинские и биологические технологии (диагностические и терапевтические), включая разработку новых лекарственных средств; химические технологии, включая катализ; разработка и исследование новых материалов; физика полупроводников и наноматериалов; исследование климатических и экологических изменений, и прогнозирование их состояния в будущем; исследование процессов внутри Земли и других планет; геологические и экологические исследования; исследование археологических артефактов; разработка технологий создания микромеханики и микроустройств; разработка и исследование новых видов вооружений и средств противодействия терроризму; и многое другое.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Ожидаемыми эффектами от внедрения результатов проекта являются получение новых фундаментальных знаний о взаимодействии ионизирующего и терагерцового излучения с живыми организмами, о каталитических процессах, об изменении климата в прошлом и его прогнозировании в будущем, об основах процессов внутри мантии Земли и планет, о физике новых материалов и процессов, о поведении материалов и веществ в экстремальных условиях. Предполагаемыми эффектами от внедрения результатов проекта являются также разработка новых диагностик заболеваний и лечения раковых опухолей, разработка новых лекарственных препаратов, технологий создания новых эффективных катализаторов и новых материалов, разработка новых высокоэнергетических и безопасных взрывчатых веществ, разработка технологии массового создания микроизделий различного назначения и т.п.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Результатами проекта являются научные фундаментальные и прикладные знания, получаемые с использованием синхротронного и терагерцового излучения научными организациями, высшими учебными учреждениями и организациями негосударственного сектора, поэтому непосредственная коммерциализация результатов исследований проектом не предусматривается.

- 1) *Существующие или возможные формы коммерциализации полученных результатов.*
- 2) *Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); предполагаемые или фактические рынки сбыта (с указанием сегмента, емкости и доли рынка и прогноза развития рынков сбыта на 5 лет), прогнозируемые или фактические объемы продаж на внутреннем и внешнем рынках, предполагаемые сроки окупаемости.*

7. Наличие соисполнителей

Соисполнители при выполнении проекта не привлекались.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского
отделения Российской академии наук

Директор
(должность)

(подпись)

Логачев П.В.
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Заместитель директора по науке
(должность)

(подпись)

Кулипанов Г.Н.
(фамилия, имя, отчество)

М.П.