

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 о предоставлении субсидии: 14.625.21.0031

Тема: «Разработка технологий получения высокоэффективных источников бета-излучения для радиационно-стимулированных элементов питания»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом

Период выполнения: 19.08.2015 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 45.70 млн. руб.

Бюджетные средства 26.70 млн. руб.,

Внебюджетные средства 19.00 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение "ЛУЧ"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "ИнвестТехнологии"

Ключевые слова: БЕТА-ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, ИЗОТОПНАЯ ОЧИСТКА, РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА, ЯДЕРНАЯ БАТАРЕЯ, КОНТАКТ ШОТТКИ, БАРЬЕРНАЯ СТРУКТУРА, БЕТА-РАСПАД, ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

1. Цель проекта

Разработка технологии получения эффективных источников бета-излучения на основе радиоизотопа никель-63 со степенью обогащения не менее 80 % и удельной активностью 40 Кюри на грамм для использования в составе автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания различного назначения.

Настоящие ПНИ являются составной частью комплексного проекта ПНИЭР по теме: «Создание высокоэффективных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы на основе радиационно-стойких структур». Конечным продуктом создаваемого устройства с использованием источника бета-излучения на основе радиоизотопа никель-63 является источник питания с длительным сроком службы для применения его в различных областях науки и техники, в том числе в местах труднодоступных для обслуживания в космической технике, ядерной медицине, робототехнике.

Цель второго этапа работы – разработка программы и методик исследовательских испытаний технологического процесса и экспериментальных макетов источников бета-излучения на основе высокообогащенного изотопа никель-63; проведение исследовательских испытаний технологического процесса получения источника бета-излучения, включающих: получение металлического порошка никеля, получение заготовки требуемой формы, прокатку заготовки в фольгу микронных толщин, изготовление макета источника бета-излучения.

2. Основные результаты проекта

На первом этапе работ проведен анализ современной научно – технической литературы по данной тематике, выбран оптимальный метод с точки зрения минимальных потерь радиоактивного изотопа Ni-63– метод формирования слоя в виде тонких микронных фольги разработана технология получения никелевой фольги толщиной от 2 до 3 мкм.

На втором этапе разработана программа и методики исследовательских испытаний технологического процесса получения источника бета-излучения, направленная на отработку и оптимизацию основных технологических режимов и параметров процесса создания никелевой фольги заданных параметров.

Проведены исследовательские испытания технологического процесса получения источника бета-излучения, включающие получение металлического порошка никеля, получение заготовки требуемой формы, прокатку заготовки в фольгу микронных толщин, изготовление макета источника бета-излучения.

По результатам исследований технологической операции получения порошка оксалата никеля определен оптимальный температурный режим осаждения – 40 °С, длительность процесса осаждения 1 час, процесса отстаивания 48 часов.

Процесс восстановления оксалата никеля до металлического порошка рекомендовано проводить в среде водорода, обеспечивающего получение наноразмерных и субмикронных порошков с минимальным количеством дефектных гранул, низким содержанием газовых примесей, высоким выходом годного, заданных фракций. Температура восстановления 400 °С, длительность процесса 1 час.

Установлен температурно – временной режим плавки металлического порошка: температуре 1510 °С в атмосфере аргона, длительность высокотемпературной выдержки 0,5 часа, а также материал тигля – оксид циркония стабилизированный иттрием, обладающей низкой смачиваемостью и взаимодействием с никелем.

Показано, что процесс многостадийной прокатки с промежуточными отжигами и с последующей прокаткой в «конверте» имеет высокую стабильность (повторяемость). Изготовленные никелевые фольги удовлетворяют требованиям по толщине, сплошности, шероховатости поверхности и разнотолщинности. Изготовлены макеты источника бета-излучения для совмещения с полупроводниковыми и МЭМС преобразователями.

Разработаны программа и методики сравнительных экспериментальных исследований способов совмещения источников бета-излучения и преобразователей энергии бета-излучения.

Осуществлен выбор и обоснование возможных способов качественного и надежного совмещения источника бета-излучения и преобразователей энергии бета-излучения. Разработан комплект технологической документации по совмещению источника бета-излучения в форме раствора соли и преобразователя энергии с использованием метода химического осаждения.

Разработан комплект технологической документации по совмещению источника бета-излучения в форме фольги и преобразователя энергии с использованием метода механического совмещения и приклеивания.

Полученный результат соответствует требованиям проекта на этапе 2. Аналогичные работы неизвестны.

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

На втором этапе выполнения проекта охраняемых результатов интеллектуальной деятельности, являющихся объектами государственного учета РФ не создано.

4. Назначение и область применения результатов проекта

1) Разработка может быть использована в различных областях науки и техники, в том числе, в области ядерной медицины, в качестве источников питания для маячков в труднодоступных местах, в космической и компьютерной технике. Разработка технологий получения высокоэффективных источников бета-излучения для радиационно-стимулированных элементов питания предназначена для создания атомной батареи на основе радиоизотопа Ni-63 - экологически безопасной, без саморазряда, сверхнадёжной и не требующей обслуживания, стойкой к воздействиям окружающей среды, непрерывно выдающей электроэнергию не менее 50 лет за счёт бета-распада (100 лет- период полураспада Ni-63).

2) Практическое внедрение полученных результатов и перспектива их использования могут быть оценены после выполнения этапов проекта.

3) Влияние полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений также могут быть с достаточной полнотой определены в процессе прикладных исследований, проводимых на следующем этапе проекта и после его завершения.

4) Демонстрация и популяризации полученных результатов на втором этапе ПНИ осуществлялась путём участия в XIII Международной конференции “Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов” с докладом «Основные принципы бетавольтаических элементов и перспективы их разработки» авторов Киселев Д.С., Давыдов А.А., Попкова А.В., Федоров Е.Н., а также путём написания одноименной статьи в сборнике докладов конференции: XIII Междунар. конф. Ч. 2/редкол.: Л.В. Кожитов (отв. ред.) [и др.]; ЮЗГУ; НИТУ "МИСиС" [и др.]. - Курск, 2016. стр. 234-240, дата опубликования 26.05.2016.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Разработка предназначена для создания эффективных источников бета-излучения и использования их в различных областях науки и техники в составе автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания различного назначения, в том числе, в области ядерной медицины, источников питания для маячков в труднодоступных местах, космической и компьютерной техники. Предлагаемая к разработке ядерная батарея на основе радиоизотопа Ni-63 должна быть экологически безопасной и не требующей обслуживания, стойкой к воздействиям окружающей среды, вырабатывающей электроэнергию не менее 50 лет за счёт бета-распада (100 лет период полураспада Ni-63). Одним из возможных примеров применения такого источника питания является использование в элементе питания кардиостимуляторов.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

1) Коммерциализация полученных результатов будет возможна после окончания проекта.

2) Создание результатов интеллектуальной деятельности (РИД) запланировано на третьем этапе проекта

3) По данным ABI Research в 2020 году в мире будет использоваться 18 млрд. датчиков, требующих автономного электроснабжения в течение длительного срока службы. Целевой рынок: РФ, СНГ и зарубежный рынок (страны Азиатско –

Тихоокеанского региона, страны Южной Америки и Ближнего Востока). Возможные области применения: медицинская промышленность (медицинские имплантанты со среднегодовым приростом рынка 10 % и основными производителями в США, Европе, Австралии), производство сенсоров и датчиков для систем измерений и контроля в любых системах со среднегодовым приростом рынка более 25 % в год, главным критическим параметром которых является длительный срок работы и стабильность.

По результатам работ будет создана лабораторная технология получения высокоэффективных источников бета-излучения, которая позволит выпускать в год 100 грамм фольги никеля толщиной 2 мкм для радиационно-стимулированных элементов питания.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнитель по выполнению внебюджетных работ 1 этапа в пунктах (2.3-2.5) 2016 г. - ФГБНУ ТИСЧУМ

Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение "ЛУЧ"

Генеральный директор

(должность)

(подпись)

Зайцев П.А.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

И.о. начальника лаборатории.

(должность)

(подпись)

Федоров Е.Н.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.