

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

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

по этапу № 3/итоговый

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 никеля-63 со степенью обогащения не менее 80 % и удельной активностью 40 Кюри на грамм для использования в составе автономных радиационно-стимулированных бетавольтаических элементов питания различного назначения.

Настоящие ПНИ являются составной частью комплексного проекта ПНИЭР по теме: "Создание высокоэффективных бетавольтаических 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 третьего этапа работы- проведение сравнительных экспериментальных исследований и выбор оптимального способа совмещения источника бета-излучения и преобразователей энергии бета-излучения; разработка технических условий на источник бета-излучения на основе радиоизотопа никель-63 с высокой степенью обогащения, обобщение и оценка результатов ПНИ.

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 проведены исследовательские испытания технологического процесса получения источника бета-излучения в результате которых оптимизированы следующие технологические операции: получение металлического порошка никеля, получение заготовки требуемой формы, прокатку заготовки в фольгу микронных толщин, изготовление макета источника бета-излучения. Изготовленные никелевые фольги удовлетворяют требованиям по толщине, сплошности, шероховатости поверхности и разнотолщинности. Изготовлены макеты источника бета-излучения для совмещения с полупроводниковыми и МЭМС преобразователями. Осуществлен выбор и обоснование возможных способов качественного и надежного совмещения источника бета-излучения и преобразователей энергии бета-излучения.

На третьем этапе проведена корректировка технологической документации получения источников бета-излучения на основе радиоизотопа никель-63 с высокой степенью обогащения с целью адаптировать технологию для промышленного

производства, повысить ее однозначность и удобство восприятия и более эффективно использовать и повторно обрабатывать отходы никеля-63. Кроме того, учтена возможность работы со сверхмалыми партиями никеля-63 с массой порядка 0,3-0,4 г.

Проведена корректировка технологической документации по совмещению источника бета-излучения и преобразователей бета-излучения с целью улучшения адгезии источника и преобразователя и повышения точности позиционирования источника. В соответствии с разработанной программой-методикой проведены сравнительные экспериментальные исследования по выбору оптимального способа совмещения источника бета-излучения и преобразователей энергии бета-излучения между методом механического совмещения и химическим способом осаждения радиоизотопа на поверхность полупроводникового преобразователя энергии. Установлено, что химический и механический способы удовлетворяют требованиям технического задания по всем пунктам. Определен оптимальный метод совмещения источника бета-излучения и преобразователя энергии бета-излучения, заключающийся в механическом совмещении и приклеивании фольги радиоизотопа никель-63, так как данный способ в полной мере удовлетворяет требованиям по обеспечению минимальных потерь радиоизотопа, получения заданной удельной активности при минимальной массе нанесенного слоя и высокой производительности метода.

Разработаны технические условия на источник бета-излучения на основе радиоизотопа никель-63 с высокой степенью обогащения ВШКЛ. 505612.001ТУ. Разработаны предложения по разработке, производству и эксплуатации бета-вольтаических элементов питания на основе разработанного источника бета-излучения с целью оптимизации и удешевления промышленного производства радионуклидных компонент элементов питания в больших количествах.

Проведена оценка полноты и достижения поставленных целей ПНИ, обобщены и сопоставлены с требованиями технического задания результаты выполненных работ по проекту. Сделан вывод о том, что в ходе реализации ПНИ "Разработка технологий получения высокоэффективных источников бета-излучения для радиационно-стимулированных элементов питания" выполнены все поставленные цели, полностью достигнуты научные и научно-технические результаты, показатели и технические характеристики источников бета-излучения соответствуют требованиям технического задания.

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

Изобретения. Заявка № 2016147694 от 06.12.2016 г. "Гибкий бета-вольтаический элемент"

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) 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 комплексного проекта и после его завершения.

3) Демонстрация и популяризации полученных результатов на третьем этапе ПНИ осуществлялась путём участия в VII школы-конференции "Молодых атомщиков Сибири" 19-21 октября 2016 года, г. Томск с докладом "Технологические аспекты изготовления источника бета-излучения на основе фольги никеля-63 для радиационно-стимулированных элементов питания" (авторов Давыдов А.А., Киселев Д.С., Мокрушин А.А., Попкова А.В., Федоров Е.Н.), а также участие в III ежегодной Всероссийской научно-практической конференции "Исследования и разработки -2016" 14-15 декабря 2016 года, г. Москва. Публикация статьи "Oxide semi-conductors usage in beta-voltaic elements" (авторов Давыдов А.А., Федоров Е.Н., Мокрушин А.А., Попкова А.В.) в журнале "Non-ferrous Metals", дата опубликования декабрь 2016 г.

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 объёмы коммерциализации результатов проекта

Возможные области применения: питание элементов микроэлектронных устройств, медицинская промышленность (медицинские имплантаты 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.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнитель по выполнению внебюджетных работ 3 этапа в пунктах (3.4-3.6) 2016 г. ФГБНУ ТИСНУМ.

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

Генеральный директор

(должность)

(подпись)

П.А. Зайцев

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

И.о. начальника лаборатории

(должность)

(подпись)

Е.Н. Федоров

(фамилия, имя, отчество)

М.П.