

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного контракта: 14.578.21.0102

Название проекта: Разработка эффективного радиационно-стимулированного механо-электрического генератора

Основное приоритетное направление: Индустрия наносистем. Комплексные проекты

Исполнитель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"

Руководитель проекта: Быков Александр Сергеевич

Должность: доцент

E-mail: xalex1349@mail.ru

Ключевые слова: бета-распад, бета-вольтаика, радиоизотопный генератор, механо-электрический генератор, пьезоэлектрический эффект.

Цель проекта

Разработка технологии создания механо-электрических преобразователей энергии бета-излучения в электрическую энергию на основе монокристаллов пьезоэлектриков с ориентированной доменной структурой для использования в составе автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания переменного напряжения с напряжением холостого хода выше 1 В и частотой выше 50 Гц.

Основные планируемые результаты проекта

1. Создание математической модели и расчет выходных параметров (напряжение, мощность) преобразователя энергии колебаний пьезоэлектрической пластинки (кантилевера), стимулированных потоком электронов от источника β -излучения, в электрическое напряжение.
2. Разработка технологии создания монокристаллического бидоменного кантилевера с заданными параметрами для механо-электрического преобразователя.
3. Разработка эскизной документации на лабораторный макет радиационно-стимулированного механо-электрического преобразователя.
4. Изготовление макета действующей имитационной модели механо-электрического преобразователя.
5. Проведение исследовательских испытаний макета действующей имитационной модели механо-электрического преобразователя.
6. Проведение лабораторных испытаний действующей модели радиационно-стимулированного механо-электрического генератора на основе изотопа ^{63}Ni .

1. Математическая модель механо-электрического преобразователя,

описывающая зависимость амплитуды разности потенциалов и электрической энергии, запасенной за одну секунду на электродах пьезоэлектрического кантилевера, от физических и геометрических параметров рабочего элемента, а также от мощности источника бета-электронов.

2. Конструкция радиационно-стимулированного механо-электрического преобразователя на основе монокристаллических бидоменных пьезоэлектрических материалов.

3. Технология создания радиационно-стимулированного механо-электрического генератора.

4. Лабораторный макет имитационной модели радиационно-стимулированного механо-

электрического генератора, имеющего следующие характеристики:

- напряжение холостого хода не менее 1 В;
- мощность холостого хода не менее 10 мкВт;
- частота не менее 50 Гц;

5. Эскизная документация на лабораторный макет радиационно-стимулированного источника питания.

6. Протокол лабораторных испытаний действующей модели радиационно-стимулированного механо-электрического генератора на основе изотопа ^{63}Ni .

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

Актуальность проекта определяется все возрастающими потребностями высокотехнологичных секторов экономики, таких как ядерная энергетика, авиакосмическая техника, нано- и микроэлектроника (в том числе МЭМС/НЭМС, МОЭМС/НОЭМС), биомедицина, специальная техника (в том числе системы безопасности и контроля), в необслуживаемых источниках энергообеспечения с длительным сроком эксплуатации. Вместе с тем в настоящее время в Российской Федерации наблюдаются усиление тенденций по наращиванию присутствия в Арктике и освоения Сибири, для чего необходимо предусмотреть создание сети автономного навигационного оборудования, систем телеметрии и метеорологии, позволяющей производить онлайн мониторинг широкого спектра параметров, а также позволяющей повысить точность позиционирования навигационной системы ГЛОНАСС в приполярных широтах.

Разработка компактных необслуживаемых элементов питания повышенного срока службы соответствует требованиям обеспечения технологической независимости и импортозамещения, а также способствует созданию существенного стратегического задела с возможностью занятия лидирующих мировых позиций в данной отрасли.

На данный момент существует 2 серийно выпускаемых источника питания, основанных на эффекте преобразования бета-излучения в электрическую энергию на основе ^{63}Ni : Firefli-N, чья мощность не превышает 1 мкВт и Trench $\frac{1}{4}$ мощностью 90 мкВт. В обоих случаях источники питания основаны на эффекте прямого преобразования бета-излучения изотопов, в результате распада которых образуются стабильные изотопы без образования высокоактивных короткоживущих промежуточных радионуклидов,

характеризующихся испусканием высокоэнергетического гамма-излучения, что делало бы недопустимым использование подобных устройств в местах общего доступа, персональных и переносных устройствах, а также существенно затруднило бы работы по техническому обслуживанию и утилизации подобных устройств.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

Радиационно-стимулированные источники питания в сравнении с химическими элементами питания (как отечественными, так и импортными) обладают на несколько порядков большей плотностью энергии. Срок службы таких источников зависит от скорости распада радиоизотопа и может достигать 100 лет. В качестве радиоактивного элемента-источника энергии может выступать любой радиоизотоп с длительным временем жизни, распадающийся по β -минус каналу.

Потенциальными потребителями ожидаемых научно-технических результатов являются ЗАО «Кардиоэлектроника» (Климовск), ОАО «Ижевский механический завод» (Ижевск), ОАО «ЭЛПА» (Зеленоград), ОАО «Авангард» (Санкт-Петербург), ОАО Концерн ПВО «Алмаз-Антей» (Москва), ОАО ВНИИРТ (Москва), ОАО «НПП «Пульсар» (Москва), ОАО «НИИ КП» (Москва), ОАО «Атомное и энергетическое машиностроение», ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Атомтехэнерго», ФГУП «Производственное объединение «Маяк», ФГУП «РФЯЦ – ВНИИ технической физики имени академика Е. И. Забабахина», ФГУП Атомного флота, АО «Владимирское производственное объединение «Точмаш», ОАО «Машиностроительный завод» и др.

Результаты проекта позволят создать продукцию, замещающую и превосходящую по своим характеристикам продукцию, использующую для своего энергообеспечения ядерные батареи длительного срока службы фирм США: Widetronix (Firefli-T, Firefli-N), City Labs (ERDIP, LCC) и BetaBatt (Trench, Fill-Jelli-Roll).

Текущие результаты проекта

Работы, проводимые за счет средств субсидии.

1 Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по проблеме создания механо-электрических преобразователей энергии бета-излучения в электрическую энергию для использования в составе автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания.

1.1 Обоснован выбор энергетического материала и материала рабочего элемента механо-электрического элемента деформации.

1.2 Проведен обзор требований, предъявляемых к материалам, применяемым в бетавольтаических генераторах.

1.3 Проведен обзор видов и конструкций бетавольтаических преобразователей.

1.4 Обоснован метод формирования заданной доменной структуры рабочего элемента.

2 Проведены патентные исследования.

3 Проведена сравнительная оценка возможных направлений исследований, выбор и обоснование оптимального варианта решения задачи по созданию эффективного радиационно-стимулированного механо-электрического генератора с длительным сроком эксплуатации.

4 Проводятся теоретические исследования и разрабатывается математическая модель функционирования механо-электрических преобразователей.

5 Проводятся расчеты выходных параметров механо-электрического преобразователя энергии с использованием разработанной модели.

6 Проводятся разработка технологического процесса изготовления пьезоэлектрических элементов.

6.1 Подбор геометрических размеров и кристаллографической ориентации монокристаллических пластин.

6.2 Выбор режима проведения процесса доменной переполяризации.

7 Проводится обоснование конструкции и разработка конструкторской документации для изготовления макетов пьезоэлектрических элементов.

8 Проводятся предварительные опыты по изготовлению макетов пьезоэлектрических элементов.

Работы, проводимые за счет индустриального партнера.

1 Проводится обоснование конструкции и разработка конструкторской документации для изготовления макетов опорных элементов.

2 Проводится разработка технологического процесса изготовления опорных элементов.

3 Проводятся предварительные опыты по изготовлению макетов опорных элементов.