

«Терагерцовые интегральные приемники и генераторы на основе сверхпроводниковых наноструктур» (14.613.21.0046)

Научный руководитель: доктор физико-математических наук В.П. Кошелец.

ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы". Мероприятие 2.1. Соглашение о предоставлении субсидии № 14.613.21.0046 от 11 ноября 2015 г.

Идентификатор проекта RFMEFI61315X0046.

Иностраный партнёр проекта: Исследовательский институт сверхпроводниковой электроники Нанкинского университета, г. Нанкин, Китай. Руководитель проекта со стороны иностранного партнёра: проф. Хуабинг Ванг.

Этап № 1: с 11 ноября 2015 г. по 31 декабря 2015 г.

В ходе 1го этапа ПНИЭР выполнялись следующие работы:

- 1.1. Анализ литературы, посвященной разработке интегральных приемных систем ТГц диапазона.
- 1.2. Патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.
- 1.3. Моделирование и численный расчёт основных элементов микросхемы интегрального приемника на основе наноструктур Nb/AlN/NbN.
- 1.4. Разработка лабораторного технологического маршрута изготовления интегральных наноструктур Nb/AlN/NbN и отладка технологии их изготовления.
- 1.5. Подписание Соглашения с иностранным партнёром.

Работы, выполняемые иностранным партнёром:

- 1.6. Анализ литературы, посвященной разработке твердотельных генераторов ТГц диапазона.
- 1.7. Обоснование актуальности и перспективности создания сверхпроводниковых ТГц генераторов (СТГ) на основе $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO).
- 1.8. Физическое моделирование СТГ на основе BSCCO.
- 1.9. Измерение и оценка параметров СТГ на основе BSCCO.

При этом были получены следующие результаты:

Исследования 1го этапа работ по теме «Терагерцовые интегральные приемники и генераторы на основе сверхпроводниковых наноструктур» носят одновременно фундаментальный и прикладной характер. Прежде всего, был проведён глубокий анализ данной тематики на основе тщательного обзора современных существующих генераторов и приёмников терагерцового (ТГц) частотного диапазона. Был проведён обзор литературы, посвящённый разработке интегральных приёмных систем в ТГц области частот. Такие системы заключаются в интегрировании опорного генератора гетеродина и приёмного элемента в одном устройстве: например, в одном смесительном блоке либо на одной интегральной микросхеме. Проанализировано более 20 научных информационных источников, посвящённых данному научному направлению. Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96.

Из проведённого анализа установлено, что наиболее чувствительными на сегодняшний день элементами ТГц электроники являются сверхпроводниковые туннельные наноструктуры типа сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник (СИС-переходы). В современной сверхпроводниковой микроэлектронике используются СИС-переходы на основе Nb/AlN/NbN. Проведены моделирование и численный расчёт основных элементов микросхемы интегрального приемника на основе наноструктур Nb/AlN/NbN.

На основе имеющегося в Институте оборудования, находящегося в распоряжении коллектива исполнителей проекта, была проведена отладка технологии изготовления интегральных наноструктур Nb/AlN/NbN и разработан лабораторный технологический маршрут их изготовления.

Соисполнителями проекта, учёными из Нанкинского университета (Иностраный партнёр), был проведён глубокий анализ источников, посвящённых разработке твердотельных генераторов ТГц диапазона. Наиболее перспективным и актуальным на сегодняшний день ТГц типом генераторов для интеграции с высокочувствительными детекторами является сверхпроводниковый терагерцовый генератор (СТГ) на основе высокотемпературного

сверхпроводника $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (далее – BSCCO). Произведено обоснование актуальности создания генератора именно такого типа. Как генераторы, так и приёмники ТГц диапазона незаменимы для радиоастрономии, пассивной и активной радиолокации, мониторинга окружающей среды, осуществляемого с борта спутников или специальных самолетов, а также для практических приложений, использующих методы спектроскопии.

Построена физическая модель СТГ на основе BSCCO, включающая в себя описание кристаллической структуры материала и фундаментального механизма генерации на основе эффекта Джозефсона. Измерены и оценены параметры генератора для возможностей его практического применения.

Разработкой интегральных приёмных систем занимаются лишь несколько групп в мире, в т.ч. в Японии и Европе. Все эти работы являются пионерскими, ни одна из мировых групп не достигла уровня практического применения интегральных приёмников ТГц диапазона. Интеграция опорного генератора (гетеродина) и детектирующего элемента (смесителя) в одном устройстве делают супергетеродинный ТГц приёмник особенно перспективным для бортовых применений, где вес, габариты и энергопотребление гетеродина существенно ограничиваются грузоподъемностью носителя.