

Сведения о ходе выполнения проекта по Соглашению № 14.607.21.0005 от 05 июня 2014 г

(Руководитель проекта, доктор технических наук, профессор Б.А.Гурович)

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.607.21.0005 от 05 июня 2014 г. Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с 05.06.2014 по 31.12.2014 выполнялись следующие работы:

Работы по Плану-графику исполнения обязательств, расходы на которые возмещаются за счет средств субсидии:

1 Выполнен аналитический обзор информационных источников по теме проекта.

2 Проведено теоретическое исследование технологических методов получения традиционных сверхпроводниковых тонкопленочных функциональных наноматериалов в качестве основы для пассивных и активных наноэлементов.

3 Выбрано технологическое решение изготовления функциональных наноматериалов в качестве основы для пассивных и активных наноэлементов.

4 Разработан лабораторный технологический регламент изготовления экспериментальных образцов тонкопленочных наноматериалов в качестве основы для пассивных и активных наноэлементов.

5 Проведено экспериментальное исследование технологичности и выбраны перспективные функциональные наноматериалы для создания на их основе пассивных и активных наноэлементов.

6 Изготовлены экспериментальные образцы функциональных тонкопленочных наноматериалов в качестве основы для пассивных и активных наноэлементов.

7 Исследованы экспериментальные образцы функциональных тонкопленочных наноматериалов

8 Выбран вариант технического решения для создания функциональных пассивных наноэлементов.

9 Выбран оптимальный вариант технического решения при создании детектора нового поколения с разрешением количества фотонов в коротких световых импульсах.

10 Разработаны программа и методики исследований электрофизических и оптических свойств функциональных пассивных и активных наноэлементов.

11 Разработаны методические указания на формирование оптического согласования чувствительного элемента однофотонного детектора с разрешением количества фотонов в коротких световых импульсах с излучением.

12 Разработаны методические указания на формирование высокочастотного согласования экспериментальных образцов пассивных и активных наноэлементов с линией передачи.

13 Разработана методика изготовления системы охлаждения экспериментальных образцов пассивных и активных наноэлементов на базе машины замкнутого цикла.

14 Разработана программа и методики исследования перестраиваемых

полосовых фильтров высоких частот.

15 Разработана ЭКД на стенд для поверки и тестирования электрофизических и оптических свойств исследуемых функциональных пассивных и активных наноэлементов при криогенных температурах.

16 Проведены патентные исследования по ГОСТ Р 15.011-96.

Работы по плану-графику работ исполнения обязательств, выполненные за счет софинансирования из внебюджетных источников:

17 Разработана методика изготовления экспериментальных образцов пассивных и активных наноэлементов совокупностью методов селективного изменения атомного состава и свойств тонкопленочных материалов.

18 Подготовлено оборудование для производства поверочных и тестовых макетов для экспериментального стенда.

19 Выполнена оптимизация выбранной ранее технологии создания сверхпроводящих функциональных наноматериалов применительно к созданию пассивных и активных наноэлементов.

20 Обоснован и выбран оптимальный вариант технического решения при создании перестраиваемого криогенного СВЧ-фильтра высоких частот и джозефсоновского перехода.

21 Разработана техническая комплектация на машину замкнутого цикла, для охлаждения пассивных и активных наноэлементов.

При этом были получены следующие результаты:

Выбраны сверхпроводниковые тонкопленочных функциональных наноматериалов нитрида ниобия в качестве основы для пассивных и активных наноэлементов и сделан выбор в пользу катодного распыления для их изготовления.

Разработан метод изготовления экспериментальных образцов тонкопленочных наноматериалов.

Изготовлены экспериментальные образцы тонкопленочного сверхпроводникового ниобия методом катодного распыления по разработанному лабораторному технологическому регламенту и проведены их исследования.

Показано, что для формирования из исходного нитрида ниобия:

- ёмкостей - необходимо использовать облучение ионами кислорода через маску требуемой геометрии в течение 60-80 секунд;
- сопротивлений в широком диапазоне номиналов - необходимо использовать облучение смешанными ионными пучками через маску требуемой геометрии в течение 60-100 секунд.
- индуктивностей в широком диапазоне номиналов - необходимо использовать реактивное ионное травление, позволяющее структурировать нитрид ниобия в виде провода, имеющего заданные геометрические параметры и топологию на плоскости, реализующие требуемый номинал индуктивности;
- детектора с разрешением количества фотонов- необходимо использование нанолитографической маски, стойкой к ионному облучению, со вскрытыми окнами в местах, в которых после облучения нитрида ниобия будут находиться нанорезисторы.

Основные характеристики полученных результатов: Уровень свойств тонкопленочного NbN: критическая температура перехода в сверхпроводящее

состояние составляет 12.0-13.0 К; плотности критического тока в сверхпроводящем состоянии - 11-12 MA/cm²; однородность по химическому составу - 3.9-4.1 %; однородность по толщине пленки 2.3-3.8 .

Новизна: Предлагаемая технология получения новых сверхпроводниковых наноматериалов очень хорошо подходит для изготовления чиповых криогенных устройств, обеспечивая существенные технологические и функциональные преимущества по сравнению с существующими.

Результаты соответствуют требованиям ТЗ и нормативной документации.

Изготовленные предложенным методом экспериментальные образцы функциональных тонкопленочных материалов демонстрируют высокий уровень свойств, соответствующий лучшим мировым стандартам, при хорошей однородности по химическому составу и однородности по толщине пленки.