

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 № 3 в период с 01.07.2015 по 31.12.2015 выполнялись следующие работы:

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

- 1 Оптимизирована топология пассивных наноэлементов;
- 2 Оптимизирована технология изготовления активного наноэлемента – однофотонного детектора;
- 3 Оптимизирована технология изготовления активного наноэлемента - джозефсоновского перехода;
- 4 Оптимизирована технология изготовления активного наноэлемента - перестраиваемого полосового СВЧ-фильтра высоких частот;
- 5 Оптимизирована методика и разработана совокупность методов криостатирования исследуемых экспериментальных образцов в машине замкнутого цикла;
- 6 Изготовлен стенд для поверки и тестирования электрофизических и оптических свойств исследуемых функциональных пассивных и активных наноэлементов при криогенных температурах.
За счет внебюджетных источников:
- 8 Оптимизирована топология экспериментальной партии образцов активного наноэлемента - джозефсоновского перехода.
- 9 Оптимизирована топология экспериментальной партии образцов активного наноэлемента - перестраиваемого полосового СВЧ-фильтра высоких частот.
- 10 Выполнены пуско-наладочные работы стенда для поверки и тестирования электрофизических и оптических свойств исследуемых функциональных пассивных и активных наноэлементов при криогенных температурах

При этом были получены следующие основные результаты:

1. Выполнена оптимизация топологии пассивных наноэлементов:
 - оптимизирована доза облучения сверхпроводящей пленки NbN и показано, что оптимизированной дозой облучения является доза ~4.5 с.н.а., что соответствует времени облучения ~200 с;
 - проведена оптимизация параметра скважности набора дозы в процессе облучения через маску, что позволило уменьшить величину уширения маски на базовой дозе облучения примерно в четыре раза;
 - увеличен размер тоководов до 350 нм, что позволяет создавать все основные пассивные элементы устройств в широком диапазоне номиналов, а также

обеспечивает качественную интеграцию всех элементов на одном чипе;

2. Проведена оптимизация дозы облучения при создании интегрированных резисторов:

- скорректирована доза облучения для создания интегрированных резисторов (4,5 сна) и по “полю” с целью повышения квантовой эффективности составила (2,5 сна) при выбранной оптимальной толщине резистивного слоя - 240 нм;

3. Установлено, что увеличение угла падения ионного пучка (с 0 до $\sim 15^\circ$) на поверхность образца приводит к уменьшению ширины области, получающей максимальную дозу ионного облучения (до ~ 10 нм), что приводит к уменьшению толщины планарного джозефсоновского барьера между двумя сверхпроводящими берегами в несколько раз по сравнению с шириной щели в литографической маске и способствует снижению емкости перехода и улучшает высокочастотные характеристик джозефсоновских переходов.

4. При оптимизации технологии изготовления перестраиваемого полосового СВЧ-фильтра высоких частот была произведена корректировка режимов облучения и сформирована стойкая маска. Установлен порядок проведения операций.

5. Для улучшения криостатирования наноэлементов при формировании качественного теплового контакта пассивных или активных наноэлементов методика криостатирования была дополнена промежуточными шагами

6. Изготовлен стенд для проведения поверочных и исследовательских работ нанообъектов (резисторов, элементов индуктивности и емкостных элементов, детекторов и СВЧ - фильтров) в широком температурном диапазоне от 320 – 4,2К в соответствии с ЭКД на стенд.

8. Силами Индустриального Партнера проведена оптимизация топологии экспериментальной партии образцов активного наноэлемента— джозефсоновского перехода, которая показала, что для создания на основе данного активного наноэлемента устройства типа SQUID постоянного тока в качестве наилучшей топологии следует использовать кольцевую геометрию сверхпроводящего токовода с двумя джозефсоновскими переходами и внутренним диаметром кольца ~ 1 мкм.

9. Оптимизирована топология полосовых СВЧ фильтров – выбрана топология LR СВЧ – фильтра и характерные размеры копланарной линии, соответствующие импедансу в ~ 50 Ом;

10. Проведены пуско-наладочные работы стенда для проверки и тестирования наноэлементов в широком температурном диапазоне вплоть до криогенных (~ 3 К).

Работы по этапу 3 выполнены в полном объеме в соответствии с Планом-графиком, Техническим заданием.