

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Парамонова Максима Евгеньевича на тему
«Оптимизация сверхпроводниковых туннельных элементов и определение их параметров»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.4 – Радиофизика

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена высоким интересом к разработке и исследованию сверхпроводниковых интегральных управляемых генераторов и криогенной квантовой электроники на основе джозефсоновских туннельных структур. В работе автором рассмотрены существующие ТГц - генераторы, используемых в гетеродинной радиотехнике высокого разрешения, описан метод изготовления сверхпроводниковых схем на основе джозефсоновских туннельных структур, а также методики методов исследования параметров барьеров на основе туннельных структур различного типа. **Целью** диссертационной работы являлась разработка конструкции, измерение электрических параметров и развитие методик измерения сверхпроводниковых интегральных туннельных структур для создания устройств сверхпроводниковой электроники.

Научная новизна работы заключается в разработке методов оценки и исследовании зависимостей параметров барьеров на основе туннельных структур различного типа (Nb/Al-AlO_x/Nb, Nb/Al-AlN/Nb и Nb/Al-AlN/NbN) с экспериментальным подтверждением линейности (в полулогарифмическом масштабе) данных характеристик для плотностей туннельного тока в диапазоне от 0,1 до 30 кА/см². Экспериментально установлена зависимость параметра качества R_j/R_n от типа барьеров: снижение параметра качества для барьеров Nb/Al-AlO_x/Nb по сравнению с Nb/Al-AlN/Nb и Nb/Al-AlN/NbN при плотности тока $J > 15$ кА/см². Экспериментально исследованы спектральные характеристики сверхпроводящего генератора, основанного на разрыве джозефсоновской фазы.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается успешной реализацией криогенного генератора гетеродина с узкой шириной линии генерации и непрерывной перестройкой частоты в диапазоне 250 – 450 ГГц для спектрометрического оборудования, а также сверхпроводящего полуфлаксонального генератора с инжекторами для генерации узкополосного излучения в диапазоне 100 - 300 ГГц с возможностью стабилизации частоты фазовой автоподстройкой. Предложенные технологии позволяют проектировать и изготавливать высококачественные маломощные приемники терагерцового и генераторы субтерагерцового диапазона. Особую ценность представляют разработанные автором методики измерения параметров туннельных переходов и созданные нового типа сверхпроводящего полуфлаксонального генератора.

Автореферат отражает основные положения и результаты диссертационного исследования, изложен логично и последовательно, с использованием современных методов и подходов экспериментальной физики. Достоверность полученных результатов подтверждена большим объемом приведенных в работе экспериментальных зависимостей. В качестве пожеланий и недостатков работы следует отметить:

- 1) в автореферате не описан метод измерения ширины барьера (Рисунок 2Б), указанная на графиках погрешность большей части измерений соответствует $\pm 0,02$ нм, что существенно превышает точность измерений, например, просвечивающей микроскопии; следует пояснить, как получены (рассчитаны) данные погрешности;
- 2) предложенный метод основан на введении поглощающих слоев в области перекрытия электродов и на концах РДП-генератора – не раскрыто влияние данного подхода на шумовые характеристики генераторов;
- 3) в автореферате не раскрыта и не поясняется возможность применения сверхпроводящего полуфлаксонального генератора с инжекторами для работы с квантовыми сопроцессорами на сверхпроводниковой платформе (кубитами); его указанный диапазон частот

4) на рисунках присутствуют надписи без перевода на русский язык, в тексте автореферата встречаются англицизмы (16 – пиновой, «overlap» и т.п.), используется разделение разрядов точкой вместо запятой.

Диссертационная работа Парамонова Максима Евгеньевича на тему «Оптимизация сверхпроводниковых туннельных элементов и определение их параметров» является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, имеющим важное для развития криогенной электроники и потенциал применения в квантовых технологиях. По объёму исследований, новизне, качеству и значимости полученных результатов данная диссертация соответствует требованиям, пп. 9-13 Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 25.01.2024) О порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Директор научно-образовательного центра
«Функциональные Микро/Наносистемы»
кандидат технических наук, доцент кафедры ИУ-4
Родионов Илья Анатольевич

_____ «12» 09 2025 г.
(подпись)

Почтовый адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

