

## Отзыв

**научного руководителя о диссертанте Артеме Михайловиче Чекушкине, представившем работу по теме: «Матрицы планарных кольцевых антенн с СИНИС-детекторами и матрицы криогенных фильтров» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 «Радиофизика».**

Я являюсь научным руководителем А.М. Чекушкина с 2011г., когда он пришел в лабораторию сверхпроводниковых устройств для приема и обработки информации Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН будучи студентом МФТИ. За прошедшие годы он защитил дипломы бакалавра по теме «Тонкопленочные сеточные фильтры: разработка, изготовление, измерение и использование для калибровки детекторов» и магистра по теме «Криогенный микротермометр на основе переходов сверхпроводник-изолятор-нормальный металл», закончил аспирантуру МФТИ. Он активно участвует в исследованиях, проводимых в лаборатории по проектам РФФИ, РНФ, госзаданиях.

За время работы в лаборатории А.М.Чекушкин изучил литературу по теме диссертации, провел анализ имеющихся экспериментальных и теоретических данных, разработал конструкцию планарного полосно-пропускающего фильтра, цепочек туннельных переходов в качестве низкотемпературных термометров, матриц планарных антенн для приема микроволнового излучения, капиллярный матричный фильтр. Он освоил технику электронной и оптической литографии. Также он освоил технику напыления тонких пленок, методы диагностики тонкопленочных структур. А.М. Чекушкин разработал, изготовил и исследовал большое количество образцов; провел измерения чувствительности и спектральных характеристик изготовленных СИНИС-детекторов. Также он освоил технику низкотемпературного эксперимента в криостате растворения. Он проявил себя самостоятельным исследователем, способным решать реальные задачи и создавать микроволновые микроэлектронные устройства.

Результаты, полученные им в ходе выполнения работы, изложены в девятнадцати докладах на международных и Российских научных конференциях, а также на конкурсах молодых учёных имени Ивана Анисимкина. По результатам работы опубликованы 28 статей в ведущих научных журналах: Superconductor Science and Technology, Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics, Journal of Physics: Conference Series, и др. По результатам работы получены шесть патентов на изобретение. Публикации по материалам диссертации полностью отражают ее содержание, хорошо известны специалистам, на них имеются ссылки в научной периодике.

Диссертационная работа представляет собой законченное на данном этапе исследование. Решенные задачи носят как фундаментальный, так и прикладной характер. Экспериментальные результаты согласуются с теоретическими оценками и расчетами.

В диссертации представлены следующие оригинальные результаты:

1) Разработаны, изготовлены и измерены фильтры для проведения криогенных измерений: полосно-пропускающие фильтры, перестраиваемый фильтр на основе интерферометра Фабри-Перо, капиллярный фильтр. Полосно-пропускающие фильтры имеют полосу пропускания 10-90 ГГц и ослабление вне полосы порядка 11 дБ. Перестраиваемый фильтр был использован в криостате и способен работать при низких температурах, в полосе частот 100-500 ГГц, с шириной полосы пропускания 4-20 ГГц.

Капиллярный фильтр представляет собой фильтр низких частот, с частотой отсечки 350 ГГц и ослаблением сигнала ниже частоты отсечки до 40 дБ.

2) Усовершенствована методика изготовления матриц планарных кольцевых антенн, с интегрированными в них СИНИС-детекторами. Предложено отказаться от слоя «тонкого золота». Это позволило улучшить теплоотвод структуры за счет более толстого слоя (200 нм против 35 нм ранее) нормального металла, используемого для формирования массивов антенн.

3) Разработаны, изготовлены и экспериментально исследованы матрицы планарных кольцевых антенн с интегрированными в них СИНИС-детекторами. Измерен оптический отклик матриц параллельно и последовательно соединенных антенн. Для последовательной матрицы из 25 антенн с детекторами вольт-ваттная чувствительность на излучение черного тела достигает  $2,6 \cdot 10^9$  В/Вт; мощность насыщения превышает 5 пВт. Ампер-ваттная чувствительность для матрицы из 25 параллельно соединенных антенн с детекторами составляет  $2 \cdot 10^4$  А/Вт. Исследованы спектральные характеристики различных вариантов матриц планарных антенн с СИНИС-детекторами.

4) Экспериментально измерены спектральные характеристики матриц кольцевых антенн с СИНИС-детекторами и различными конфигурациями расположения в приемном рупоре: облучение со стороны антенн, облучение со стороны кремния, а также при различных толщинах кремния (65 мкм, 280 мкм, 380 мкм)

5) Разработана, изготовлена и экспериментально исследована матрица электрически малых кольцевых антенн с СИНИС-детекторами. Измерен оптический и спектральный отклик. Экспериментально получена вольт-ваттная чувствительность выше  $10^9$  В/Вт, динамический диапазон более 30 дБ, полоса пропускания более 100 Гц.

Результаты, вошедшие в диссертацию, имеют важное фундаментальное и прикладное значение и получены автором в период с 2011 по 2021 год.

За время работы в лаборатории Чекушкин А.М. зарекомендовал себя как творческий, разносторонний исследователь, являющийся квалифицированным специалистом, способным к самостоятельным научным исследованиям.

Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Считаю, что А.М. Чекушкин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 «Радиофизика»

Научный руководитель  
Доктор физико-математических наук,  
г.н.с. лаборатории 234

Михаил Александрович  
Тарасов

23 марта 2022 г.

*Безусиль Тарасова М.А.*  
*Заведующий*



*В.В. Чижова*