

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Снигирева Олега Васильевича, на диссертационную работу Корюкина Олега Валерьевича «Согласующие цепи смесителей на сверхпроводниковых туннельных переходах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Работа Корюкина О.В. посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию и оптимизации конструкций согласующих цепей для смесителей на сверхпроводниковых туннельных переходах миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн.

Актуальность работы определяется широким использованием в современных радиоастрономических гетеродинных сверхпроводниковых приемниках СИС-смесителей на частотах от 80 ГГц до 1 ТГц. Целью диссертационной работы является создание новых подходов к построению высокочувствительных смесителей миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн на СИС-переходах, путем оптимизации их согласующих цепей на СВЧ и промежуточной частотах. Оптимизация согласующих цепей осуществляется с использованием электродинамических моделей, связывающих конструкцию и параметры материалов с электрическими характеристиками цепи.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации и списка цитируемой литературы. Во введении обоснована актуальность темы диссертации и определены её цели. Сформулированы научная новизна, практическая ценность работы и положения, выносимые на защиту.

Первая глава является обзорной. В ней представлено описание теоретических и практических основ исследования СИС-смесителей. Приведены основные свойства и работа туннельных СИС-переходов, их энергетическая структура и сравнение с другими аналогичными устройствами, такими как, охлаждаемые смесители на диодах Шоттки (ДБШ), диодах супер-Шоттки (ДСШ) и СИН-переходах (сверхпроводник–изолятор–нормальный металл).

Вторая глава посвящена волноводным СИС-смесителям. Описана разработка нового смесительного чипа 3 мм диапазона, который должен иметь сравнительно высокую частоту ПЧ (около 4.5 ГГц) с возможностью подавления зеркального канала, что требовало кардинального снижения индуктивности цепей ПЧ. Также описана разработка балансного смесителя, который состоит из двух смесительных чипов, заходящих в волновод от противоположных стенок одного поперечного сечения через соосные каналы в широкой стенке волновода. Третий чип является чипом связи между сигнальным волноводом и волноводом гетеродина, который проходит рядом с основным, волноводы разделяет лишь тонкая стенка толщиной всего лишь 70 мкм, сквозь которую проходит чип связи.

В третьей главе проведено исследование квазиоптических смесителей на СИС-переходах, прежде всего, на основе туннельной структуры NbN/AlN/NbN для смесителя

диапазона 787-950 ГГц. Нижний электрод был изготовлен из эпитаксиальной пленки NbN, а настроечный контур (верхний электрод) из нормального металла (алюминия) в лаборатории Advanced ICT Research Institute, NICT (г. Кобэ, Япония). Вся структура размещена на подложке из MgO. Экспериментальный смеситель был спроектирован для исследования работы двойного СИС-перехода с настроечной структурой из нормального металла (алюминия) и проверки новых материалов на частотах выше целевой частоты ниобия (700 ГГц).

В этой главе исследована также проблема согласования чипа с широкополосным усилителем ПЧ. Для существующего смесителя была создана электромагнитная модель на ПЧ, учитывающая в том числе, проводки ультразвуковой сварки. Было проверено, что характеристики по ПЧ совпадают с расчетными характеристиками, затем электромагнитная модель была оптимизирована, и получено оптимальное число (10), расположение и длина (1,25 мм) соединительных проводков так, чтобы уменьшить потери на ПЧ (увести частоту резонанса за диапазон ПЧ). Данная конфигурация была применена в экспериментальном смесителе, и результаты эксперимента подтвердили расчет. Даны рекомендации по устранению паразитных резонансов в таких устройствах за счет изменения длины и числа контактов проводков, соединяющих чип и корпус смесительной камеры.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы, соответствующие содержанию диссертации и публикациям соискателя.

Диссертационная работа Корюкина О.В. представляет собой завершенное теоретическое и экспериментальное исследование сверхпроводниковых смесителей на туннельных СИС-переходах. Ценность работы Корюкина О.В. заключается в том, что в диссертации созданы методики проектирования СИС смесителей, основанные на применении электродинамических моделей их согласующих цепей. С помощью созданных методик разработана линейка СИС-смесителей, оптимизированы схемы их построения и апробированы методы их конструирования и тестирования, которые могут быть использованы во многих проектах радиоастрономии по созданию приемных систем для изучения Вселенной.

Результаты диссертационной работы Корюкина О.В. опубликованы в научных журналах, в том числе, входящих в список ВАК (4 публикации), докладывались на 16 российских и международных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание и выводы диссертации.

В качестве замечаний по диссертации можно отметить следующие:

1. В главе 1 раздел 1.3.2 (стр. 26) описана концепция цепочек СИС-переходов, описание которой продолжается в начале главы 2 (стр. 63). Было бы целесообразно поместить описание данной проблемы только в одном месте диссертации. Это позволило бы создать более цельное представление о предмете исследования.
2. В главе 2 в таблице 2.1 (стр. 106) не указаны единицы, в которых выражены потери в элементах смесителя. В принципе, исследователям в области СВЧ цепей, понятно, что это децибелы, но, тем не менее, в данном случае следовало их указать.

3. В главе 3 на стр. 138 сказано, что циркулятор в силу своей конструкции и принципа действия увеличивает устойчивость усилителя ПЧ, снижает вклад усилителя в шумы всего приемного устройства. Было бы полезно в краткой форме описать принцип действия такого циркулятора и привести в цифрах примеры его эффективности.

Указанные замечания не снижают научную значимость и практическую ценность проведенного исследования.

Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Корюкина Олег Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией «Криоэлектроника»
физического факультета МГУ

02.09.2014


Снигирев О.В.

Подпись д.ф.м.н. Снигирева О.В. удостоверяю,
Декан физического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова, профессор




Сысоев Н.Н.

Данные об оппоненте:

ФИО: Снигирев Олег Васильевич

Ученая степень: Доктор физико-математических наук,

Специальность: 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Почтовый адрес: 117628, г. Москва, ул. Грина, дом. 40, кор. 1, кв. 29.

Телефон: +7 (903) 762-6434.

Адрес электронной почты: osnig@inbox.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Должность: профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией «Криоэлектроника» физического факультета МГУ.