

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

Института прикладной физики РАН

чл.-корр. РАН

Г.Г. Денисов



«04» апреля 2019г.

ОТЗЫВ

ведущей организации, Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики

Российской академии наук,

на диссертационную работу ШУРАКОВА Александра Сергеевича

«Спектр выходного сигнала терагерцового приемника на основе гетеродинного и прямого НЕВ-детектора», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Диссертационная работа А.С. Шуракова посвящена разработке гетеродинных и прямых НЕВ-детекторов (болометры на горячих электронах), а также исследованию и сравнению их характеристик.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, приложений и списка использованной литературы. Работа содержит 113 страниц основного материала и список литературы из 136 наименований, в основном использованы англоязычные источники, что естественно, т.к. направление активно развивается в мире и весьма ограничено в России.

Во введении приводится общая характеристика диссертационной работы, обосновывается актуальность выбранной темы, также представлены все необходимые, предусмотренные ВАК формальные атрибуты диссертации.

В первой главе приводится предыстория вопроса, пути развития технологий изготовления НЕВ-детекторов (hot electron bolometer – болометры на горячих электронах), обсуждаются физические принципы работы НЕВ-устройств. В заключении главы как ее следствие сформулированы предпосылки и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена вопросам стабильности выходных параметров приёмников на основе НЕВ-смесителей. В частности, рассмотрено влияние криоохладителей замкнутого цикла на стабильность реальных НЕВ-устройств. Подробно описана технология изготовления экспериментальных образцов и методики измерения основных технических характеристик НЕВ-смесителей. Описаны методы

улучшения интегрального времени Аллана, как одной из основных характеристик НЕВ-смесителя. Выбранная конфигурация экспериментальной установки и порядок проведения измерений позволяют производить надёжный расчёт дисперсии Аллана в диапазоне времён интегрирования 0,01-25с. Далее подробно проанализирован вклад различных структурных составляющих гетеродинного НЕВ-приёмника в общую стабильность: флуктуации его выходной мощности по ПЧ в основном определяются нестабильностью источника смещения, температурным дрейфом чернотельной нагрузки, флуктуациями мощности гетеродина и эффективной электронной температуры, а также Джонсоновским шумом НЕВ-устройства. Были исследованы НЕВ-устройства с различной формой и объёмом чувствительного элемента, проанализированы их свойства. Результаты работы, в частности, были использованы для создания лабораторного макета гетеродинной приёмной системы на базе НЕВ-смесителя для ТГц канала GLT.

Третья глава посвящена исследованию НЕВ-устройств прямого детектирования со схемой регистрации выходного сигнала на базе СВЧ рефлектометра. Представлены результаты измерений основных технических характеристик приёмника в широком диапазоне параметров смещения НЕВ-устройства, сформулированы основные принципы создания сверхчувствительного НЕВ-приёмника прямого детектирования с нулевым смещением по постоянному току. Описана методика измерений выходного сигнала детектора в экспериментальной установке. Использование СВЧ-рефлектометра, в частности, позволяет определить собственный коэффициент отражения НЕВ-устройства, то есть его волновой импеданс. Подробно рассмотрены технические характеристики НЕВ-приёмника прямого детектирования со схемой регистрации отклика на базе СВЧ рефлектометра. На типичной ВАХ устройства отсутствует гистерезисный участок в следствии подогрева СВЧ излучением, что позволяет использовать с нулевым током смещения. Исследованы зависимости выходных параметров детектора от частоты и мощности зондирующего СВЧ излучения, подобраны его оптимальные параметры.

В заключении представлены основные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования. Основные научные результаты состоят в том, что:

1. Разработана и реализована система СВЧ подогрева НЕВ смесителя для стабилизации рабочей точки по постоянному току.
2. Исследования вклада различных составляющих в стабильность гетеродинного НЕВ-приёмника позволили их скомпенсировать и создать прототип приёмной системы для GLT.

3. На основе исследований шумовых характеристик и спектра прямого НЕВ-детектора, сформулированы принципы для создания матричного приёмника с нулевым смещением.
4. Подтверждена стабильность прямого НЕВ-детектора, смещённого в гистерезисную область ВАХ при развёртке напряжения смещения в сторону понижения.
5. Изучены особенности частотно-импульсной модуляции релаксационных колебаний в выходном спектре прямого НЕВ-детектора, работающего в схеме СВЧ-рефлектометра

Диссертация была представлена автором на объединенном научном семинаре Отдела Радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии Института прикладной физики РАН. В семинаре приняли участие также сотрудники других подразделений ИПФ РАН. По заключению, поддержанному всеми участниками семинара, диссертация А.С. Шуракова представляет законченные результаты добротного и актуального исследования, имеющего большое значение для развития технологий НЕВ-устройств. Выносимые на защиту положения доказаны экспериментальными результатами и их сопоставлением с имеющимися теоретическими моделями.

Результаты диссертации опубликованы, в т.ч. в 10 статьях перечня ВАК, прошли апробацию на российских и международных конференциях.

Однако, по диссертационной работе есть ряд замечаний:

1. Работа, безусловно, имеет высокую практическую значимость и её результаты могли быть использованы в производстве готовых «пакетированных» устройств. Однако, к сожалению, в диссертации не приводятся примеры коммерческого использования её результатов.
2. Представленный материал во многом опирается на экспериментальные исследования, и личный вклад автора в заметной степени содержит технические и экспериментальные работы. Возможно, стоило сделать больший акцент на фундаментальных аспектах, представляя диссертацию по физико-математической специальности. Положения, выносимые на защиту сформулированы обтекаемо, и содержат как физико-математическую, так и заметную техническую составляющую.

3. В части оформления есть незначительные замечания. В частности, подписи под рисунками не стоило перегружать описанием процессов, изображённых на нём. Список сокращений составлен не по алфавиту, что затрудняет его использование. Не корректно переведен на русский английский термин pulse-tube (пульсирующая трубка), немного коробит само смешение русского и английского языка в названии «heб –детектора», хотя оно уже практически устоялось в русскоязычном сегменте профессиональной литературы.

Отмеченные недостатки, тем не менее, несколько не снижают общего положительного впечатления от диссертации. Текст автореферата полностью и адекватно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа А.С. Шуракова полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, соответствует выбранной специальности 01.04.03 – Радиофизика, а её автор – Александр Сергеевич Шураков, заслуживает присуждения ему некоей степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составил:

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук, доктор физ.-мат.наук, 603950, город Нижний Новгород, БОКС -120, ул.Ульянова д.46

адрес электронной почты vdovin_iap@mail.ru

тел. (831) 416-46-49; 7(831)416-46-96



Вдовин
Вячеслав
Федорович