

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Быковского Сергея Васильевича «Циклотронные защитные устройства приемников радиолокационных систем сверхвысокочастотного диапазона», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.1 – «Вакуумная и плазменная электроника»

Актуальность темы диссертации

Совершенствование радиолокационной техники в значительной степени зависит от использования новых элементов, применяемых в радиолокационных системах (РЛС), обладающих преимуществами перед существующими известными аналогами. Таким новым элементом, позволяющим существенно улучшить параметры РЛС, является циклотронное защитное устройство (ЦЗУ), предназначенное для защиты приемников РЛС от СВЧ мощности высокого уровня.

В связи с тем, что работа ЦЗУ основана на взаимодействии электродинамической системы устройства с электронным лучом в вакууме, данный тип приборов обладает очевидным преимуществом по временным параметрам перед традиционными защитными устройствами – газоразрядными, полупроводниковыми и другими, в которых подвижность заряженных частиц существенно ниже. Время восстановления ЦЗУ в X-диапазоне частот составляет 10 нс, что на 1 - 2 порядка меньше аналогичных характеристик других типов защитных устройств. Столь малое время восстановления позволяет реализовать в РЛС новые режимы работы и достичь других технических преимуществ.

Для ЦЗУ характерен и ряд других крайне важных качеств, обеспечивающих стабильность и эффективность работы РЛС – устойчивость к входной импульсной мощности до 10 кВт, отсутствие пиков просачивающейся мощности на переднем фронте входных импульсов, высокое ослабление входной СВЧ мощности в режиме защиты (более 60...70 дБ). Данные параметры крайне важны для обеспечения работы РЛС военного назначения.

В диссертационной работе С.В. Быковского представлены результаты исследований целого ряда ЦЗУ, разработанных соискателем в диапазонах частот от 2 ГГц до 15 ГГц. Данные устройства выпускаются серийно, используются в ряде РЛС современных систем вооружений, положительно оцениваются разработчиками аппаратуры. Поэтому полученные результаты безусловно являются важными и актуальными.

Новизна результатов и научных положений

Новизна диссертационной работы обусловлена прежде всего тем, что класс циклотронных защитных устройств является оригинальным направлением в

вакуумной СВЧ электронике и развивается на единственном предприятии в мире – в АО «НПП «Исток» им. Шокина». Автором разработана и реализована концепция циклотронных защитных устройств, содержание которой изложено в виде целого ряда научных результатов и заключений. Основные результаты вынесены на защиту в виде научных положений, обладают несомненной научной новизной.

Обоснованность и достоверность результатов

Обоснованность и достоверность полученных результатов, сформулированных положений и выводов подтверждена большим количеством экспериментов, измеренных электрических параметров устройств, значительным серийным производством ЦЗУ в течении многих лет и опытом применения в действующей аппаратуре РЛС.

Результаты исследований апробированы посредством докладов на всероссийских и международных научно-технических конференциях, отражены в статьях в научно-технических журналах и патентах.

Научная и практическая значимость результатов заключается в предложенных автором идеях, выводах, заключениях и конструктивных решениях, которые были реализованы в практических конструкциях и позволили достичь в созданных образцах ЦЗУ комплекса электрических параметров, превосходящих параметры отечественных и зарубежных аналогов.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные научно-технические результаты позволили создать приблизительно 20 типов ЦЗУ и циклотронно-защищенных комплексированных усилителей на базе ЦЗУ, большинство из которых выпускаются в настоящее время серийно и поставляются ряду предприятий радиолокационного профиля.

Полнота опубликования основных положений и результатов

По материалам диссертации С.В. Быковским опубликовано 10 работ, индексируемых в международных базах данных, 17 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций, получено 8 патентов РФ, опубликовано 13 работ в других научных изданиях. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на всероссийских и международных конференциях. Публикации в полной мере раскрывают основные положения и результаты работы.

Автореферат также в необходимой степени раскрывает основное содержание диссертации.

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите. Диссертация С.В. Быковского полностью

соответствует специальности 2.2.1 – «Вакуумная и плазменная электроника» отрасли технические науки.

Оформление и содержание диссертации

Диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список литературы и четыре приложения. Общий объем диссертации составляет 228 страниц, включая список литературы из 136 наименований, 59 рисунков и 4 приложения.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи, решаемые в диссертации. Обоснованы научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены основные положения, выносимые на защиту. Кратко изложена предыстория создания циклотронных защитных устройств.

В первой главе приведен обзор существующих типов СВЧ защитных устройств, указаны их типичные основные параметры. Показано, что наиболее распространенные в настоящее время газоразрядные и полупроводниковые защитные устройства уступают ЦЗУ по временным параметрам вследствие необходимости инициализации газового разряда или в связи с относительно невысокой подвижностью зарядов в твердом теле.

Во второй главе описаны основные принципы работы ЦЗУ. Аналитически рассмотрено взаимодействие резонаторов ЦЗУ с быстрой циклотронной волной электронного луча, поясняется, что возбуждение такой поперечной волны не приводит к образованию сгустков заряда в луче и обуславливает высокую амплитудную линейность устройства. Обосновываются важнейшие электрические параметры ЦЗУ: рабочая полоса частот, частотная избирательность, низкий коэффициент шума, степень ослабления входной мощности в режиме защиты.

В третьей главе изложены вопросы разработки и исследования ЦЗУ, зависимость основных параметров устройства от конструктивных особенностей и электрических режимов работы. Рассмотрена специфика рассеяния электронов луча на частицах остаточных газов и ухудшение коэффициента шума по этой причине. Аналитически и экспериментально изучены вопросы амплитудной линейности и перехода прибора в режим защиты, время восстановления параметров после окончания импульса мощности на входе ЦЗУ.

В четвертой главе рассмотрены наиболее важные конструктивные особенности ЦЗУ: магнитная система, электронная пушка, входной тракт ЦЗУ с повышенной устойчивостью к входной СВЧ мощности, предложена конструкция электронного зазора в резонаторах устройства с поворотом, повторяющим поворот электронного луча в процессе дрейфа от катода к коллектору. На указанную конструкцию соискателем получен патент.

В пятой главе рассмотрены особенности применения ЦЗУ в аппаратуре приемников РЛС, указывается, что наиболее оптимальным вариантом

использования ЦЗУ в аппаратуре является его объединение с последующим малошумящим транзисторным усилителем в виде единого устройства – циклотронно-защищенного комплексированного усилителя (ЦЗКУ).

В заключении к диссертации указано, что задача создания циклотронных защитных устройств СВЧ диапазона к настоящему моменту в целом решена. Приведены основные выводы по работе, их совокупность представляет собой концепцию циклотронных защитных устройств, разработанную и реализованную соискателем.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с действующими требованиями ВАК РФ. Работа изложена ясным научным языком. Автореферат в полной мере соответствует содержанию диссертации.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Объем, содержание и качество полученных результатов, а также их практическая и научная значимость позволяют сделать заключение о том, что квалификация Быковского Сергея Васильевича соответствует ученой степени доктора технических наук.

Недостатки диссертации и автореферата

К недостаткам работы можно отнести отсутствие расчетов или аналитических оценок электрической прочности ЦЗУ при воздействии на входе устройства предельно высокой СВЧ мощности.

Имеется также ряд опечаток в тексте, впрочем несущественных для изложения научного содержания диссертации.

Вообще говоря, диссертация производит очень сильное впечатление. Видно, что она отражает труды давно сформировавшегося ученого докторского уровня, умеющего в высшей степени грамотно и корректно представить результаты своих фундаментальных научных изысканий, оригинальных и востребованных в области важнейших практических применений. Неслучайно поэтому в диссертации отсутствуют сколько-нибудь значимые недостатки выполненных исследований и не приходится упоминать даже незначительные огрехи, свойственные любому творческому процессу.

Заключение

Прежде всего отметим, что сделанные замечания ни в коей мере не снижают значимости и достоверности научных результатов, полученных соискателем. Диссертация С.В. Быковского «Циклотронные защитные устройства приемников радиолокационных систем сверхвысокочастотного диапазона» является законченной квалификационной научно-исследовательской работой. В ней решен

ряд научных и технических проблем по созданию нового типа электронно-лучевых малошумящих СВЧ приборов О-типа с поперечным взаимодействием – циклотронных защитных устройств. Проанализированы и обоснованы основные характеристики устройств, разработан ряд ЦЗУ в диапазоне частот от 2 ГГц до 15 ГГц. Разработанные устройства внедрены в производство и производятся серийно. Использование ЦЗУ в современных РЛС позволяет достигать параметров, обеспечивающих лидирующие позиции отечественной радиолокации.

Диссертация Быковского Сергея Васильевича «Циклотронные защитные устройства приемников радиолокационных систем сверхвысокочастотного диапазона» соответствует всем требованиям ВАК – п.п. 9 - 14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

Официальный оппонент,
Пирогов Юрий Андреевич,
профессор кафедры фотоники и физики микроволн
физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор по специальности 01.04.03 «Радиофизика»
Тел.: +7 495 939 1669
E-мэйл: yuri937@gmail.com

Подпись профессора Пирогова Юрия Андреевича удостоверяю:
Декан физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Д.ф.-м.н., профессор



Н.Н.Сысоев

«18» марта 2022 года

Адрес организации:

119991 Москва, Ленинские горы, 1,
МГУ, стр.2, физический факультет