



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «АЛМАЗ»

410033 г. Саратов, ул. Панфилова 1

тел.: (8452) 632-557, 479-840, факс: (8452) 480-039, 633-558
email: info@almaz-rpe.ru, www.almaz-rpe.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «НПП «Алмаз», к.э.н.,
председатель
научно-технического совета

АО «НПП «Алмаз»



ОТЗЫВ

ведущей организации Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Алмаз» - 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

Современные радиолокационные системы используют различные типы зондирующих импульсов со сложным фазовым и частотным наполнением. При этом вопросы обеспечения дальности действия РЛС, распознавания целей на фоне побочных отраженных излучений, определения параметров целей решаются за счет специальной обработки принимаемых отраженных сигналов. Соответственно повышаются требования к чувствительности приемников, обеспечению максимальной линейности их входных каскадов, а также к устройствам, защищающим вход приемника. Исключительно важными становятся такие параметры защитных устройств, как сверхмалое время восстановления, отсутствие пиков просачивающейся мощности, высокий уровень границы амплитудной линейности, высокая фазовая линейность.

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 тема диссертационной работы Быковского С.В., посвященная разработке циклотронных защитных устройств, несомненно, является актуальной и важной для современной радиолокационной техники.

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, проведены исследования, анализ и обоснование комплекса параметров и характеристик ЦЗУ, их взаимосвязь и зависимость от конструктивно-технологических особенностей, проведена разработка и внедрение в аппаратуру потребителей серии ЦЗУ (ЦЗКУ) в диапазоне частот от 2 ГГц до 15 ГГц и доказана состоятельность ЦЗУ, как научно-технического направления в вакуумной СВЧ электронике. Основные результаты вынесены на защиту в виде научных положений и обладают несомненной научной новизной.

Обоснованность и достоверность результатов

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

Результаты исследований докладывались 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.

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

1. Во введении в качестве метода исследования указывалось использование 3D программ моделирования ВЧ структур, но в тексте в явном виде эти результаты не озвучены.
2. Для оценки времени затухания ВЧ мощности в резонаторе использовались значения мощности 1 кВт и 10 кВт, помимо этого в процессе измерений этого времени отмечена возможность многократного переотражения ВЧ мощности во входном тракте, что дополнительно увеличивает тепловую нагрузку на входной резонатор, однако тепловой режим резонатора не рассматривается.
3. В диссертации при рассмотрении магнитной фокусирующей системы отмечается, что в приборах возможно использование как однородного магнитного поля, так и плоскосимметричного, приводятся результаты измерений распределения магнитного поля при различных положениях магнитов, но не указывается, какое же распределение будет оптимальным.
4. Хорошо было бы в диссертации привести данные о надежности и долговечности ЦЗУ и ЦЗКУ, т.к. речь идет о разработанных и поставляемых устройствах.

Заключение

Приведенные замечания 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 важный 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.

Диссертационная работа и доклад Быковского Сергея Васильевича заслушивались и обсуждались на заседании научно-технического совета АО «НПП «Алмаз» 18 марта 2022 г. (протокол № 1), настоящий отзыв утвержден единогласно.

Отзыв составили:

Начальник сектора
НПЦ «Электронные системы»
АО «НПП «Алмаз», д.ф.-м.н.

С. О. Семенов

Ученый секретарь НТС,
заместитель директора по развитию
и внедрению результатов НИОКР
НПЦ «Электронные системы»
АО «НПП «Алмаз», к.ф.-м.н.

В. И. Роговин

Подписи С.О. Семенова и В.И. Роговина заверяю

Начальник отдела
управления персоналом



Н. А. Коноплина

410033, Саратовская область, г. Саратов, ул. им. Панфилова И.В., д.1
Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Алмаз»
Телефон/факс: +7 (8452) 63-35-58 / +7 (8452) 48-00-39
Адрес электронной почты: info@almaz-rpe.ru
Официальный сайт: <https://almaz-rpe.ru/>