



«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
АО «НПП «Алмаз»

М.П. Апин

«20» января 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Акционерного общества «Научно-производственного предприятия «Алмаз» на диссертацию Чернышева Максима Алексеевича «Многомодовые многоканальные резонансные системы для приборов клистронного типа», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. Вакуумная и плазменная электроника

Важным элементом конструкции любого клистронного усилителя и генератора является его резонансная система, от параметров которой во многом зависят выходные характеристики прибора в целом. Полоса усиливаемых частот, коэффициент усиления, выходная мощность и массогабаритные характеристики МЛК в значительной мере зависят от конструкции и параметров применяемых резонаторов. При разработке МЛК важное значение уделяется исследованию новых типов и конструкций резонаторов, а также новых режимов работы. При этом также важен многомодовый режим работы прибора, при котором обеспечивается взаимодействие на основном и высших типах колебаний, при кратности частоты высших типов частоте основного сигнала.

При увеличении рабочей частоты МЛК наиболее эффективным решением является применение многоззорных резонаторов. Кроме того, одним из возможных путей миниатюризации подобных резонансных систем является применение резонансных отрезков планарных полосковых проводников, расположенных на подвешенной в корпусе резонатора диэлектрической подложке.

В диссертации разработаны и изучены новые конструкции таких резонаторов. Использование элементов в виде диэлектрических подложек, на которых располагаются полосковые линии позволяет миниатюризировать резонансную систему в целом, получить возможность работы на новых резонансных частотах.

В связи с вышесказанным, **актуальность** темы диссертации М.А. Чернышева для современной вакуумной СВЧ электроники не вызывает сомнений.

Диссертационная работа М.А. Чернышева. «Многомодовые многоканальные резонансные системы для приборов клистронного типа», состоит из введения, четырех глав и заключения. Диссертация изложена на 126 страницах, включает 82 рисунка, 19 таблиц.

В **первой главе** представлен обзор современного состояния разработок МЛК, описаны основные конструкции резонаторов, применяемых в клистронах.

Вторая глава посвящена исследованию многоззорных многолучевых резонаторов с полосковыми линиями. Конструкции таких резонаторов включают в себя подвешенную диэлектрическую подложку, которая поддерживает втулки, образующие зазоры в резонаторе. Так же рассматриваются конструкции с призматическими и цилиндрическими втулками. В главе анализируется перестройка частоты при изменении геометрии полосковой линии. В рамках этой же главы изучен четырехззорный резонатор дециметрового диапазона. Был изготовлен экспериментальный макет конструкции резонатора, проведены экспериментальные исследования электродинамических параметров. Стоит отметить близкие значения расчетных и экспериментальных данных.

В **третьей главе** рассматривается конструкция многоззорного призматического резонатора, в конструкции которого использованы три керамические подложки с полосковыми линиями. Собственные частоты такого резонатора лежат в С- и Ku-диапазонах. Исследовано влияние толщины подложки и диэлектрической проницаемости на основные параметры резонатора. Рассматривается возможность перестройки частоты с помощью дополнительной шунтирующей перемычки полосковой линии.

В **четвертой главе** рассмотрены многолучевые двухззорные квазифрактальные резонаторы. Отличительной особенностью таких конструкций является сложная разветвленная конструкция опор, которые поддерживают втулки, образующие пролетные каналы. В таких резонаторах увеличивается характеристическое сопротивление и уменьшаются геометрические размеры.

В заключении автор формулирует основные результаты и выводы диссертации. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с действующими требованиями ВАК РФ. Работа изложена ясным научным языком.

Научная и практическая значимость.

Наиболее значимыми **новыми научными результатами**, полученными автором диссертации, являются:

1. Разработана новая конструкция трехззорного многолучевого прямоугольного двухчастотного клистронного резонатора с планарными полосковыми резонансными элементами на диэлектрической подложке. Для основных мод резонатора определены электродинамические параметры. Результаты расчета по дисковой модели клистрона показывают,

что низковольтный многолучевой клистрон с предложенной конструкцией резонаторов при работе в одномодовом режиме работы на частоте 4,7 ГГц позволяет при напряжении 2,6 кВ получить КПД около 60% и уровень выходной мощности около 1 кВт.

2. Впервые исследован трехззорный многоканальный резонатор с двумя парами полосковых проводников, размещенных на подвешенной диэлектрической подложке. Определены основные электродинамические параметры в диапазоне от 4 до 20 ГГц. Исследована возможность работы резонатора в бигармоническом режиме на кратных резонансных частотах.

3. Проведены теоретические и экспериментальные исследования новой конструкции прямоугольного объемного четырехззорного клистронного резонатора со свернутой полосковой линией. Разработан масштабный макет резонатора, работающий в дециметровом диапазоне длин волн. Экспериментально и теоретически исследованы основные электродинамические параметры резонатора для нескольких мод частотного диапазона. Получены результаты по перестройке частот резонатора путем изменения длины внутренней полосковой линии.

4. Исследована новая конструкция трехззорного многолучевого призматического клистронного резонатора с тремя диэлектрическими подложками и планарными полосковыми резонансными элементами. Проведено исследование параметров резонатора при различной диэлектрической проницаемости и толщине подложки. Получены результаты по многочастотному режиму и режиму работы на кратных резонансных частотах.

5. Предложена новая конструкция четырехлучевого квазифрактального клистронного резонатора на базе H-фрактала для четырехствольного клистрона. Исследованы варианты с четвертьволновой и полуволновой конструкцией опорного стержня на диэлектрической подложке. Изучен многочастотный режим резонатора и режим работы на кратных резонансных частотах, а также произведен расчёт электронных параметров резонатора.

Выявленные автором закономерности и полученные результаты сформулированы Чернышевым М.А. в виде положений, выносимых на защиту. Полученные результаты **обладают научной новизной**, и научно-практической значимостью.

Результаты диссертации **внедрены** в производство на предприятиях АО «НПП «Контакт», АО РТИ и в учебный процесс в СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы, сформулированных положений и выводов подтверждается использованием современных методик трехмерного моделирования и методов расчета, а также сопоставлением численных результатов с экспериментальными.

Оценивая работу М.А. Чернышева в целом, стоит отметить, что данная работа написана грамотным техническим языком, методы, используемые автором, актуальны, а **личный вклад** автора не вызывает сомнений. По результатам диссертации было **опубликовано** 13 работ: 4 в периодических изданиях, включённых в перечень ВАК при Минобрнауки РФ, из них 2 в рецензируемых научных журналах по специальности 2.2.1 «Вакуумная и плазменная электроника»; 5 в единой реферативной базе данных Scopus; 3 в изданиях, включенных в библиографическую базу данных РИНЦ; получен 1 патент на изобретение № 2812270.

По тексту диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. В работе присутствуют грамматические и стилистические ошибки.
2. В пунктах 1 и 4 научной новизны неверно применена терминология. Резонаторы названы многолучевыми, хотя их принято называть многоканальными.
3. В таблице 2.2 представлены результаты расчета характеристического сопротивления для двух основных мод трехзачного прямоугольного клистронного резонатора с подвешенной в объеме диэлектрической подложкой и резонансными полосковыми линиями. Однако не указано, в каком именно пролетном канале рассчитывался данный параметр.
4. Для исследуемых конструкций не было проведено исследование распределение поля в высокочастотных зазорах в плоскости перпендикулярной оси резонаторов. С учетом пространственно-развитых конструкций вполне вероятен резкий спад амплитуды поля, а, следовательно, и характеристического сопротивления, в высокочастотных зазорах ближе к внешней части труб дрейфа.
5. В выводах к главам 3.2 и 4.1 отмечено, что исследуемые резонаторы могут применяться в малогабаритных клистродах, работающих как в сантиметровом, так и в миллиметровом диапазоне длин волн. На основании каких результатов говорится о работе в миллиметровом диапазоне длин волн?
6. Фрактал – это фигура, обладающая свойством самоподобия. Объект называют самоподобным, если одна или более его частей похожа на его целое. При этом количество повторяющихся частей у фрактала стремится к бесконечности. Конструкция, описанная в главе 4, о которой говорится в п.4 положений выносимых на защиту, не является ни фрактальной, ни квазифрактальной.

Тем не менее приведенные замечания **не снижают общий высокий уровень и положительную оценку** диссертационной работы.

Диссертационная работа Чернышева М.А. является самостоятельным и законченным научным исследованием. Диссертация прошла апробацию на большом числе научных конференций различного уровня. Автореферат диссертации и научные публикации в полной мере отражают её суть и содержание.


Заключение. Диссертационная работа «Многомодовые многоканальные резонансные системы для приборов клистронного типа» удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту специальности 2.2.1. – Вакуумная и плазменная электроника, в частности п. 4 и п.6, а её автор М.А. Чернышев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1. – Вакуумная и плазменная электроника.

Диссертационная работа Чернышева Максима Алексеевича заслушивалась и обсуждалась на заседании научно-технического совета АО «НПП «Алмаз». Отзыв утвержден единогласно на заседании научно-технического совета АО «НПП «Алмаз» от 14.01.2025 г. (протокол № 01/25).

Отзыв составил: **Чигуров Илья Олегович**

Начальник сектора отдела 112,


к.т.н. (спец. 05.27.02)


И.О. Чигуров

Рафалович Александр Давидович


Заместитель генерального директора по

научно-техническому развитию, к.т.н.


А.Д. Рафалович

Архипов Данила Алексеевич


Ученый секретарь НТС, к.т.н.


Д.А. Архипов

Подписи И.О. Чигурова, А.Д. Рафаловича и Д.А. Архипова заверяю

Начальник отдела

управления персоналом


Н.А. Коноплина

Сведения о составителе отзыва:

телефон: (8495) 47-97-99

e-mail: chigurovio@almaz-rpe.ru

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Алмаз»

Адрес: 410033, Саратовская область, г. Саратов, ул. им. Панфилова И.В., зд. 1А стр. 1

телефон/факс: +7 (8452) 63-35-58,

e-mail: info@almaz-rpe.ru

с отзывом ознакомлен
Чу Чернышев М.А.
21.01.25