

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Фунтова Александра Андреевича «Эффекты резистивной неустойчивости в средах с комплексной диэлектрической проницаемостью и их влияние на группировку электронного потока в приборах вакуумной СВЧ электроники», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 «Физическая электроника»

В основе работы устройств вакуумной СВЧ электроники лежит взаимодействие электромагнитных волн (ЭМВ) с электронным потоком. В течение многих лет проводится исследование различных аспектов и анализ особенностей такого взаимодействия. В настоящее время одним из основных направлений развития СВЧ электроники является продвижение в терагерцовый диапазон частот. На пути к созданию мощных широкополосных усилителей и компактных перестраиваемых источников терагерцового излучения с удовлетворительными характеристиками возникает немало трудностей, как с теоретической, так и с практической точки зрения.

В автореферате отмечается, что один из методов повышения выходной мощности и коэффициента усиления основан на использовании резистивных сред, в частности, метаматериалов. Идея создания таких композиционных материалов появилась достаточно давно – в работах середины XX столетия. Однако в настоящее время метаматериалы активно изучаются применительно к вакуумной СВЧ электронике в совокупности с тенденциями освоения субмиллиметрового диапазона длин волн.

Учитывая изложенное выше, считаю, что тема диссертационной работы Фунтова А.А. безусловно является **актуальной** и своевременной. Диссертационная работа посвящена исследованию процессов взаимодействия электронного потока с полями сред с комплексной диэлектрической проницаемостью. Основная цель состоит в анализе эффектов резистивной неустойчивости и их влияния на группировку электронного потока в гибридных приборах, сочетающих элементы классической вакуумной СВЧ электроники и сред комплексной диэлектрической проницаемостью. Речь идет и о резистивном клистроне, и о двухсекционной лампе бегущей волны (ЛБВ) со вставкой из комплексной диэлектрической проницаемостью, о фото-ЛБВ с аналогичной вставкой и других устройствах. Сделана оценка выходных параметров, проведен численный эксперимент.

**Достоверность** полученных результатов обусловлена использованием традиционных для электроники СВЧ методов, например, метода дисперсионного уравнения, волнового метода Овчарова-Солнцева. Для разработанных нелинейных теорий осуществлены предельные переходы к известным линейным моделям, что подтверждает их адекватность.

Следует отметить, что с практической точки зрения полученные аналитические результаты могут быть использованы для предварительных оценок параметров новых гибридных устройств при их проектировании.

В качестве **недостатков** можно отметить следующее.

- 1) При перечислении уже существующих теорий резистивного усилителя для разных случаев следовало бы привести конкретные ссылки на источники.
- 2) Исходя из значений частот, указанных во второй и четвертой главах, можно сделать вывод, что не все рассматриваемые устройства относятся к терагерцовому диапазону.
- 3) При изложении краткого содержания второй главы некоторые пояснения физических величин не соответствуют используемым обозначениям в формулах (например, величины  $\Lambda$  и  $V_L$  в формуле (1)).

Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают ценности проведенных исследований.

Материалы автореферата хорошо проиллюстрированы, в каждой главе приведены модели рассматриваемых устройств, четко сформулированы основные выводы.

Содержание автореферата свидетельствует о том, что диссертационная работа представляет законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Фунтов Александр Андреевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 «Физическая электроника».

Старший преподаватель 10 кафедры математических, естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин МВАА, кандидат физ.-мат. наук (специальность 01.04.03 – радиофизика), доцент

Вдовина Г.М.

10.02.2026г.

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Михайловская военная артиллерийская академия» 195009, г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, 22 тел. +7 953 891 8300

e-mail: vdovinagm@gmail.com

Подпись старшего преподавателя Вдовиной Галины Михайловны заверяю.

Начальник строевого отдела, полковник



Грешнов А.В.