

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа А.А. Фунтова посвящена исследованию возможностей использования в вакуумной СВЧ электронике новых электродинамических систем на основе метаматериалов с комплексной диэлектрической проницаемостью. Включение их в схемы резистивных усилителей открывает новые возможности как по миниатюризации СВЧ источников электромагнитного излучения субтаргерцового диапазона частот, так и увеличения выходной мощности, КПД и коэффициента усиления. Отметим, что указанному выше направлению работ посвящено значительное число публикаций в российских и международных журналах. Таким образом, тема исследований представляемой диссертационной работы, несомненно, актуальна.

Диссертация состоит из четырёх глав. **Первая глава** носит обзорный характер и посвящена обзору применяемых в СВЧ электронике резистивных усилителей и специфике использования метаматериалов.

Во второй главе излагается нелинейная теория взаимодействия электронного потока с полями сред с комплексной диэлектрической проницаемостью, которые используются для описания свойств метаматериалов. Интересным результатом главы является вывод о том, что применение метаматериалов позволяет, при фиксированном коэффициенте усиления, резко уменьшить длину пространства взаимодействия клистрона, либо при фиксированной длине увеличить КПД и коэффициент усиления.

Третья глава диссертационной работы посвящена использованию метаматериалов в приборах с распределенным взаимодействием: фото-ЛБВ и ЛБВ-О. Показано, что для фото-ЛБВ такой подход позволяет на несколько порядков увеличить сопротивление связи. Что касается ЛБВ-О, то практический интерес представляет вывод о возможности увеличения коэффициента усиления по сравнению с классической схемой при большом параметре пространственного заряда.

Четвертая глава посвящена планарным моделям резистивного усилителя. Практически значимым результатом этой главы следует признать показанную возможность слабого изменения коэффициента усиления при перестройке частоты на октаву. Здесь же проведено сравнение результатов нелинейной теории с данными прямого численного моделирования на основе пакета CST Studio и показано хорошее совпадение полученных результатов.

Автореферат написан ясным лаконичным языком, хорошо структурирован и достаточно полно отражает содержание диссертации.

В то же время по содержанию автореферата необходимо сделать **ряд замечаний**.

1. В работе используется фраза «в режиме работы с плотностями тока, при которых сильны эффекты пространственного заряда». Эта формулировка представляется

- несколько расплывчатой. Лучше ввести параметр пространственного заряда и указать диапазон его значений.
2. Диссертация посвящена субтерагерцовому диапазону частот. В то же время на стр. 11 автореферата обсуждается клистрон с рабочей частотой всего лишь 2 ГГц.
 3. В работе слишком большое внимание уделяется конкретным параметрам приборов (длины, напряжения, и т.д.). Представляется, что лучше было бы указывать оптимальные области каких-то введенных безразмерных переменных, что позволит обобщить полученные в диссертации выводы.
 4. В тексте автореферата практически не обсуждаются на качественном физическом уровне отличительные особенности группировки электронов при использовании в электродинамических системах приборов метаматериалов. Между тем, простое и наглядное изложение этих отличий очень украсило бы диссертацию и было бы несомненно полезно как при оптимизации, так и выборе начальной области параметров, где ее необходимо проводить.

Сделанные замечания имеет рекомендательный частный характер и не снижают общую высокую положительную оценку работы.

Автореферат свидетельствует о высоком научном уровне и квалификация автора в области исследования динамики электронных генераторов. Основные выводы и положения представляются достоверным и обоснованными. Результаты диссертации достаточно полно опубликованы, включая 6 статей в ведущих российских журналах, а также прошли апробацию на крупных всероссийских конференциях. Диссертация соответствует специальности 1.3.5 – Физическая электроника.

Считаю, что диссертационная работа Фунтова А.А. удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а соискатель заслуживает присуждения указанной степени.

Отзыв составил:

Профессор кафедры квантовой радиофизики и электроники

радиофизического факультета ННГУ, доктор физ.-мат. наук по специальности

01.04.03 – «радиофизика»

В.Н. Мануилов Мануилов В.Н.

