

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Каретниковой Татьяны Андреевны «Особенности распространения электромагнитных волн в замедляющих системах типа плоских гребенок и их взаимодействия с ленточным электронным потоком в терагерцевом диапазоне частот», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 — радиофизика и 01.04.04 — физическая электроника

Одной из актуальных проблем радиофизики и электроники в настоящее время является освоение терагерцевого диапазонов частот. Для эффективного освоения этих диапазонов необходима разработка генераторов и усилителей электромагнитного излучения, обладающих необходимой для применений мощностью и полосой частот. Одной из важных задач в этом направлении является разработка усилителей средней мощности (несколько десятков ватт). Решением этой задачи занимаются исследователи в ведущих научных лабораториях как в нашей стране, так и за рубежом. Тема диссертационной работы Т.А. Каретниковой посвящена выявлению физических особенностей взаимодействия ленточный электронных пучков с электромагнитными полями замедляющих систем (ЗС) гребенчатого типа в терагерцевом диапазоне частот и разработке ЛБВ-усилителя на основе такого взаимодействия. Безусловно, данная тема является актуальной.

В работе Т.А. Каретниковой получен целый ряд важных результатов, к числу которых можно отнести следующие:

1. Разработан новый подход для анализа собственных волн в периодических ЗС типа гребенка в прямоугольном волноводе. Подход основан на решении систем интегральных уравнений с учетом сингулярного поведения компонент электромагнитного поля на ребрах штырей гребенки. Подобные методы ранее применялись для анализа собственных волн в волноводах со сложным поперечным сечением и собственных колебаний в резонаторах специального типа, однако, для моделирования волн в периодических структурах этот подход используется, насколько мне известно, впервые. Конечно, в реальной ЗС сингулярное поведение поля в полной мере не наблюдается из-за «сглаженности» ребер, тем не менее, при численном анализе характеристик волн в рассматриваемой модели ЗС учет сингулярности оказывается принципиально важным, поскольку именно это позволяет существенно улучшить вычислительные свойства используемого для решения интегральных уравнений численного метода Галеркина. В результате повышается сходимость, увеличивается точность и уменьшается время расчетов.
2. Интересными с теоретической точки зрения представляются результаты анализа трансформации дисперсионных характеристик ЗС типа сдвоенных гребенок в прямоугольном волноводе при сдвиге гребенок относительно друг друга. Подробно исследован эффект разрыва дисперсионных характеристик и образование полосы непропускания между первой и второй модами системы при небольшом изменении сдвига относительно значения, равного половине периода структуры. Эти результаты могут найти применение при исследовании устойчивости режимов работы усилителя, поскольку образование полосы непропускания является одной из причин паразитного самовозбуждения ЛБВ в высокочастотной области.
3. Среди других интересных результатов отметим развитый в четвертой главе диссертации метод расчета линейных режимов работы ЛБВ с ЗС, свойства которой меняются вдоль пространства взаимодействия. Эти исследования позволяют использовать

созданную автором программу для расчета характеристик ЛБВ не только с гребенчатыми, но и с другими типами замедляющих систем.

4. Проведенные в третьей главе диссертации исследования влияния различных геометрических параметров на свойства ЗС (на дисперсию, сопротивление связи и т. д.) имеют важное значение для практических приложений. Полученные здесь результаты позволили выявить оптимальные, с учетом технологических ограничений, значения параметров ЗС, которые затем были использованы для расчетов режимов усиления ЛБВ в диапазоне 200 ГГц.

Практическая важность полученных в диссертации результатов состоит в том, что развитые методы моделирования электромагнитных полей и их взаимодействия с ленточным электронным потоком могут быть использованы при разработке ЛБВ усилителей терагерцового диапазона средней мощности.

Отметим некоторые недочеты текста автореферата. Следует прежде всего указать, что в некоторых местах изложение очень краткое, в нем опущены интересные для читателя детали. Например, при описании актуальности темы диссертации, автор упоминает (стр. 4 автореферата) ряд коммерческих пакетов, которые в настоящее время достаточно широко используют для решения различных задач микроволновой электроники. В качестве одного из основных недостатков этих пакетов автор указывает на тот факт, что «они требуют значительных вычислительных ресурсов». Конечно, с этим можно согласиться. Тем не менее, следовало бы указать, что подобные пакеты, которые рекламируются как универсальные, таковыми, вообще говоря, не являются. Кроме того, важно отметить, что точность результатов, получаемых с их помощью, нельзя считать очень высокой (см., например, А. Васильченко и др., Технологии в электронной промышленности, № 3, стр. 52, 2008). Заметим, что для задач, которые решала диссертант Т.А. Каретникова (структуры с острыми кромками), численные методы, использованные в упомянутых ею коммерческих пакетах, могут быть неэффективны.

Еще один недочет текста автореферата заключается в том, что методика расчета замедляющих систем гребенчатого типа, развитая во второй главе и являющаяся одним из основных и красивых результатов работы, изложена слишком кратко (см. стр. 8-9); поэтому представить многие детали метода оказывается довольно трудно.

Отметим также, что в автореферате не очень четко разобран вопрос о влиянии омических потерь на характеристики мод ЗС (стр. 10 автореферата). В частности, было бы желательно привести какие-то качественные соображения, согласно которым выбраны соотношения (1) и (2) для эффективной проводимости металла с шероховатой границей. Из текста не ясно также, почему при анализе этого вопроса можно не учитывать другие факторы, которые заметным образом могут влиять на величину толщины скин-слоя (структура металлической заготовки, способ обработки этой заготовки при изготовлении замедляющей структуры, влияние окисной пленки или загрязнений на поверхности металла и т. д.); см., например, данные, приведенные в книге А.Л. Фельдштейна и др. Справочник по элементам волноводной техники. М.: Сов. радио, 1967.

Сделанные замечания, конечно, не носят принципиального характера, они не затрагивают основные результаты, полученные автором, и не снижают общее очень хорошее впечатление о диссертационной работе. По моему мнению, Т.А. Каретникова проделала важную работу, которая будет, несомненно, полезна для практики и дальнейших исследований.

Результаты диссертационной работы в полной степени опубликованы в журналах с высоким рейтингом, они также доложены автором на представительных международных и российских научных конференциях и хорошо известны специалистам. Содержание работы соответствует заявленным специальностям.

В целом считаю, что диссертационная работа Каретниковой Т.А. удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Представленная диссертация выполнена на актуальную тему, она содержит новые и важные научные результаты. Каретникова Татьяна Андреевна безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 — радиофизика и 01.04.04 — физическая электроника.



Маненков Александр Бенционович

д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник
Федерального бюджетного учреждения науки
Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН (ИФП РАН)
[Адрес: РФ, 119334, Москва, ул. Косыгина, д. 2;
телефон: (499)1373248;
электронная почта учреждения: office@kapitza.ras.ru;
официальный сайт: <http://www.kapitza.ras.ru>]

Подпись Маненкова А.Б. удостоверяю





Андреева О.А.

Ученый секретарь
Федерального бюджетного учреждения науки
Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН (ИФП РАН)

30 ноября 2016г.