

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор

СГТУ имени Гагарина Ю.А.,

д.ист.н., профессор

Целев И.Р.

2016 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Министерства образования и науки Российской Федерации на диссертационную работу Каретниковой Татьяны Андреевны «Особенности распространения электромагнитных волн в замедляющих системах типа плоских гребенок и их взаимодействия с ленточным электронным потоком в терагерцевом диапазоне частот», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03-«Радиофизика» и 01.04.04 «Физическая электроника».

Диссертационная работа Каретниковой Татьяны Андреевны посвящена теоретическому анализу приборов терагерцевого диапазона с ленточным электронным пучком и замедляющей системой в виде плоских гребенок, а также разработке средств компьютерного моделирования подобных приборов.

В последние годы приборы вакуумной микроволновой электроники все шире применяются во многих отраслях науки и техники, ускоряя научно-технический прогресс. Почти во всех технически развитых странах все шире ведутся работы по освоению нового коротковолнового диапазона электромагнитных колебаний- диапазона терагерцевых длин волн (с частотами от 0,1 до 10ТГц).

Активное освоение терагерцевого диапазона длин волн требует разработки мощных эффективных усилителей и генераторов этого диапазона, в частности мощных ЛБВ-усилителей. Но создание таких приборов связано с трудностями получения высоких плотностей тока ввиду уменьшения поперечных размеров. В связи с этим все большее внимание уделяется разработке приборов с пространственно-развитыми электродинамическими системами, например приборам с ленточными пучками и замедляющими системами типа плоских гребенок. Выходная мощность таких приборов с ленточным электронным потоком может достигать свыше 100 Вт в миллиметровом диапазоне.

Для расчета вакуумных усилителей и генераторов терагерцевого диапазона и их электродинамических систем применяют мощные современные программные продукты 3D моделирования. Однако они требуют высокопроизводительных вычислительных ресурсов, быстродействующих компьютеров с большой оперативной памятью. Поэтому в настоящее время необходимы средства компьютерного моделирования таких приборов, которые бы обеспечивали как приемлемую точность расчета, так и малое время вычислений.

Поэтому **актуальность** темы исследования не подлежит сомнению.

Диссертационная работа Каретниковой Т.А. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы из 130 наименований. Работа изложена на 144 страницах, включая 49 рисунков и 6 таблиц. По объему и структуре диссертация и автореферат соответствуют требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание работы соответствует пунктам 1,3 паспорта специальности 01.04.03-«Радиофизика», пункту 3 паспорта специальности 01.04.04-«Физическая электроника».

Научная новизна диссертационной работы. В ходе выполнения исследований соискателем получены новые важные результаты:

1. Впервые для расчета замедляющей системы типа сдвоенной гребенки в прямоугольном волноводе использован метод интегрального уравнения. Для повышения точности найденного решения предложен способ учета сингулярностей полей на ребрах гребенки. Разработана программа, позволяющая оперативно рассчитывать основные электродинамические характеристики замедляющей системы, не сильно уступая по точности современным пакетам 3D моделирования.

2. Впервые проведено исследование влияния основных геометрических параметров замедляющей системы в виде двойной гребенки, помещенной в прямоугольный волновод, на ее электродинамические характеристики. Определен комплекс электронных и электродинамических параметров. Предложена приемлемая по технологии изготовления геометрия замедляющей системы, обеспечивающая требуемую полосу пропускания.

3. С использованием матричного аппарата развита методика расчета линейных режимов работы широкополосного многосекционного ЛБВ-усилителя, позволяющая учитывать отражения волн от границ секций и вывода энергии. На основании развитой методики расчета разработана программа моделирования.

4. Исследованы режимы усиления ЛБВ терагерцевого диапазона с замедляющей системой в виде сдвоенной гребенки и ленточным электронным потоком. Для получения устойчивого усиления в режиме малого сигнала найдены оптимальные параметры прибора.

Достоверность полученных результатов и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются использованием апробированных методов моделирования, а также согласованностью

результатов, полученных с помощью разработанной программы и специальных пакетов 3D моделирования.

Практическая значимость, ценность и реализация результатов работы заключается в разработанных методиках, полученных теоретических результатах, которые могут быть непосредственно использованы при проектировании многосекционных ЛБВ с ленточным пучком. На этой основе Каретниковой Т.А. были получены следующие конкретные практические результаты:

-разработана программа моделирования линейных режимов работы ЛБВ, которая может быть использована для расчетов усиления и самовозбуждения ЛБВ различных типов.

-развита методика расчета электродинамических характеристик замедляющих систем типа плоских гребенок, которая может найти применение при оптимизации параметров подобных структур.

-исследовано влияние основных геометрических параметров замедляющих систем на их электродинамические характеристики. Полученные рекомендации могут быть использованы при проектировании конкретных образцов замедляющих систем ЛБВ с ленточными потоками.

В целом, практическая ценность и значимость для развития электроники СВЧ полученных соискателем результатов заключается в том, что результаты работы могут найти применение при разработке широкополосных ЛБВ-усилителей терагерцевого диапазона с выходной мощностью до 100 Вт, которые могут найти применение в различных приложениях, таких как метеорология, медицина, астрономия, системы безопасности.

По материалам диссертации опубликована 31 работа. Все разделы диссертации достаточно полно представлены в научных работах, 4 из них опубликованы в рецензируемых профильных журналах, 10 статей опубликованы в сборниках статей научно-технических всероссийских и международных конференций. Результаты, представленные в диссертации, были использованы при выполнении грантов РФФИ (№16-02-00789, №16-08-00450, №14-02-00976, №13-02-00732, №13-0800986, №10-02-01280), а также при выполнении НИР и ОКР.

Материал диссертации изложен стилистически грамотно, в соответствии с требованиями, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию в организациях, где ведутся исследования и разработки приборов и устройств миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов: Институт радиотехники и электроники РАН (г. Москва), Институт прикладной физики РАН (г. Н. Новгород), Саратовский филиал ИРЭ РАН,, Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, С.-Петербургский политехнический

университет, С.-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Южный Федеральный университет (г. Ростов-на-Дону), Саратовский государственный технический университет, на предприятиях электронной промышленности (АО «НПП Алмаз», г. Саратов, АО «НПП «Исток», г. Фрязино и др.). Материалы диссертации могут быть также рекомендованы к внедрению в учебный процесс в СГУ, СГТУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПбГПУ, МИЭМ НИУ ВШЭ, ЮФУ и в других вузах, ведущих подготовку бакалавров и магистров в области радиофизики и физической электроники.

Представленная работа не лишена некоторых недостатков.

1. Не рассмотрено влияние вводов и выводов энергии прибора на параметры замедляющей системы.

2. Не оценено влияние изменения температуры замедляющей системы в динамическом режиме на ее параметры, в частности на сопротивление связи.

3. В 5 главе диссертации приводятся результаты моделирования режимов усиления для ЛБВ- усилителя диапазона 0,2 ТГц с ленточным пучком и замедляющей системой типа сдвоенной гребенки, сдвинутой на половину периода. Однако условия стабильности усилителя в режиме малого и большого сигнала не оценены.

Однако отмеченные недостатки и замечания носят частный характер и не затрагивают основных положений и результатов диссертационной работы, а также не снижают ее научной и практической ценности.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук «Особенности распространения электромагнитных волн в замедляющих системах типа плоских гребенок и их взаимодействия с ленточным электронным потоком в терагерцевом диапазоне частот» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи выяснения перспектив создания мощного усилителя на лампе бегущей волны с ленточным пучком, работающей в терагерцевом диапазоне частот, что имеет важное значение для развития современной вакуумной микроэлектроники. В работе изложены новые научно обоснованные теоретические разработки, имеющие существенное значение для развития электронной техники страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, касающиеся установления физических закономерностей распространения электромагнитных волн в замедляющей системе типа сдвоенной гребенки в прямоугольном волноводе в терагерцевом диапазоне частот, а также рекомендации по использованию научных выводов на практике, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Все предложенные автором диссертации решения, касающиеся разработки средств компьютерного моделирования подобных приборов

аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Таким образом, диссертационная работа «Особенности распространения электромагнитных волн в замедляющих системах типа плоских гребенок и их взаимодействия с ленточным электронным потоком в терагерцевом диапазоне частот» отвечает критериям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Каретникова Татьяна Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03-«Радиофизика» и 01.04.04-«Физическая электроника».

Отзыв составили:

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры

«Электронные приборы и устройства»

Адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77,

СГТУ имени Гагарина Ю.А.

тел. (8452)998829, e-mail: tsarev_va@mail.ru



В.А. Царев

доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры

«Электронные приборы и устройства»

Адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77,

СГТУ имени Гагарина Ю.А.

тел. (8452)998829, e-mail: alexm@sstu.ru



А.Ю. Мирошниченко

Отзыв на диссертацию рассмотрен, обсуждён и утверждён на заседании кафедры «Электронные приборы и устройства», протокол № 13 от «22» ноября 2016 г.

Заведующий кафедрой

«Электронные приборы и устройства»

д.т.н., проф.



А.А. Захаров

Подписи Царева Владислава Алексеевича, Мирошниченко Алексея Юрьевича, Захарова Александра Алексеевича заверяю

