

ОТЗЫВ

официального оппонента Заборонковой Татьяны Михайловны на
диссертацию Григорьевой Александры Андреевны
«Трансформация мод и излучение зарядов в круглом волноводе с однородной и
двухслойной областями», представленную на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.03 - радиофизика

В диссертации Григорьевой Александры Андреевны рассматриваются задачи об излучении зарядов в волноводе, состоящем из однородной и двухслойной областей, а также задачи о трансформации мод в такой структуре. Актуальность данной тематики связана с ее значимостью для развития теории излучения пучков заряженных частиц в волноведущих структурах, например метода кильватерного ускорения частиц в кусочно-неоднородных диэлектрических волноводах для генерации излучения гигагерцового и терагерцового диапазонов частот. Следует подчеркнуть, что, хотя проблеме излучения зарядов в волноводах с заполнением посвящено значительное количество работ, некоторые вопросы всё ещё являются практически не освещенными. Так, задачи, в которых учитывается как поперечная граница раздела, так и вакуумный канал в одной из областей в литературе не рассматривались.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения. Список цитируемой литературы содержит 90 названий.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, основные положения выносимые на защиту, приведено краткое изложение содержания диссертации.

Первая глава посвящена аналитическому и численному исследованию трансформации поперечно-магнитной аксиально симметричной моды, падающей на границу между диэлектрической и двухслойной областью. Автор рассматривает две задачи: падение моды со стороны однородной диэлектрической области и «зеркальное» падение моды со стороны двухслойной области. Предполагается, что падающая мода может быть как распространяющейся, так и не распространяющейся (эванесцентной). Решение задачи строится путем разложения отраженного и проходящего поля в ряд по собственным модам соответствующей области волновода и последующего определения коэффициентов возбуждения мод из бесконечной системы линейных уравнений. Для частного случая тонкого слоя получено приближенное решение в аналитическом виде. Для произвольных параметров волновода построен численный алгоритм. Продемонстрировано, в частности, что даже в случае падения эванесцентной моды в отраженном и проходящем полях могут генерироваться распространяющиеся моды. Совпадение полученных результатов с результатами Comsol-моделирования показывает высокую точность построенного оригинального алгоритма.

В двух других главах исследуется электромагнитное поле заряда, движущегося вдоль оси волновода. Предполагается, что скорость источника и характеристики сред

заполнения подобраны так, что исключительно в двухслойной области волновода присутствует излучение Вавилова-Черенкова. Для решения автор использует подход, основанный на разделении полного электромагнитного поля на поле источника в бесконечном регулярном волноводе («вынужденное» поле) и поле, описывающее влияние поперечной границы («свободное» поле). Основное внимание сфокусировано на исследовании свойств и структуры «свободного» поля. Полагается, что все среды являются однородными, изотропными и не обладают дисперсией. При этом наиболее полно представлен анализ случая, когда среда в однородной области волновода и в канале является вакуумом.

Во второй главе рассматривается случай движения заряда со стороны двухслойной области волновода в вакуумную вдоль оси симметрии. Основное внимание автор уделяет анализу эффекта проникновения излучения Вавилова-Черенкова в вакуумную область (эффект черенковско-переходного излучения). Показано, что частоты черенковско-переходного излучения совпадают с частотами черенковского излучения в двухслойной области; получено, что при таком излучении каждая волноводная мода возбуждается в конечной области, передний фронт которой движется с групповой скоростью моды. Представлены типичные графики частотного и частотно-модового распределения мощности излучаемой зарядом при его движении в волноводе.

В третьей главе рассматривается случай движения заряда из вакуумной области волновода в двухслойную. Приведен анализ основной части волнового поля в двухслойной области волновода, которое названо редуцированным кильватерным полем. Оно представляет собой сумму поля излучения Вавилова-Черенкова (кильватерного поля) и части «свободного» поля с дискретным частотным спектром. Представлены графики, характеризующие эволюцию редуцированного кильватерного поля с течением времени.

В заключительных разделах второй и третьей глав автор распространяет подход, используемый при исследовании излучения, возникающего при движении вдоль оси волновода одного точечного заряда, на более сложный случай узкого пучка частиц с гауссовым распределением. Для таких пучков проведено сравнение результатов, полученных на базе аналитического решения, с соответствующими данными численного моделирования, и продемонстрировано хорошее совпадение между ними.

Полученные результаты представляют существенное значение для развития теории излучения зарядов в волноведущих структурах и имеют практическую значимость для развития методов кильватерного ускорения пучков заряженных частиц в диэлектрических структурах и разработки методов генерации гига- и терагерцовых волн.

Научная новизна работы заключается в том, что автор провел аналитическое и численное исследование трансформации мод и излучения зарядов в круглом кусочно-однородном волноводе с вакуумным каналом в одной из областей. В частности, исследованы свойства черенковско-переходного излучения при вылете заряда из двухслойной области и свойства редуцированного кильватерного поля при влете заряда в эту область.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием хорошо обоснованных математических методов и методов теории волноводов, а также путем сравнения полученных результатов с результатами моделирования в известных программных пакетах.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В задаче о взаимодействии волноводной моды с поперечной границей между однородной и двухслойной областями при переходе к случаю тонкого цилиндрического диэлектрического слоя (толщиной d), разложение проводится по малому параметру d/a (a - радиус цилиндра). При этом малым параметром является параметр $d\epsilon_d/a\epsilon_c$ (см. (1.2.35)). Это может изменить результат в случае больших значениях ϵ_d/ϵ_c , который реализуются, например, при сочленении двух металлических волноводов с разными радиусами. Кроме того, результат, полученный в диссертации при сравнительно небольших значениях параметра ϵ_d/ϵ_c , является очевидным и служит скорее подтверждением достоверности результатов первой главы. Однако в работе он поставлен на первое место в перечне результатов выносимых на защиту (см. стр.4 реферата и стр. 15 текста диссертации).

2. На стр. 71 указано, что в первой главе учитывались частотная и пространственная дисперсии в средах. Однако в представленных по первой главе выводах отсутствует обсуждение влияния дисперсии среды на полученные результаты. Более того, все расчеты проводятся для конкретных параметрах среды (не зависящих от частоты).

3. На стр. 101 указывается, что рассматривается пучок частиц малой «толщины». Необходимо указать соответствующий параметр малости.

Работа написана хорошим языком с небольшим количеством опечаток, но которые все - таки присутствуют. Отметим некоторые из них:

1. Встречаются одинаковые обозначения для разных терминов: например на стр. 28 буква i - это номер моды, при этом указанная буква стоит в верхнем индексе продольного волнового числа и обозначает вероятнее всего падающее поле (соответствующие обозначения « i, r, t » введены на стр. 30).
2. А также разные обозначения для одних и тех же величин: волна обозначается то H , то TM . Комплексное сопряжение - то звездочкой, то чертой. Длина пучка - буквами σ и L . Затухающая (не распространяющееся) волна - то местной, то эванесцентной.
3. Можно было не вводить в слое функцию Нанкеля (стр. 25, (1.1.30)), а записать формулу через функцию Неймана, которая далее везде и используется. Имеются грамматические опечатки на стр. 10, 95, 119.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки представленной диссертации.

Заключение. Выносимые на защиту положения являются главными достижениями проделанной работы. Результаты работы опубликованы в трех статьях и доложены на 6 международных и 1 всероссийской конференциях. Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию.

Диссертация «Трансформация мод и излучение зарядов в круглом волноводе с однородной и двухслойной областями» полностью удовлетворяет критериям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Тема, содержание и результаты исследований, выносимые на защиту, соответствуют специальности 01.04.03 – радиоп физика, а ее автор Григорьева Александра Андреевна, несомненно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

Официальный оппонент

Заборонкова Татьяна Михайловна,
профессор Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е. Алексеева
доктор физико-математических наук, профессор
почтовый адрес; 6039506 Нижний Новгород,
ул. Минина, д.24, НГТУ им. Р.Е. Алексеева
E-mail: t.zaboronkova@rambler.ru
моб. тел.: +79202920819

Подпись Т.М. Заборонковой заверяю

Ученый секретарь

НГТУ им. Р.Е. Алексеева



Мерзляков И.Н.