

ДИФРАКЦИОННЫЕ КВЧ ВОЛНОВОДНО-ПУЧКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА МНОГОМОДОВЫХ ОТКРЫТЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДАХ: ФИЗИКА ЯВЛЕНИЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Взятышев В.Ф. , Клячин С.А.* , Гайнулина Е.Ю.** ,*

** ИРЭ МЭИ, Москва - 11250, Красноказарменная, 14; e-mail: vitaidea@yandex.ru*

*** НИИИС, Н. Новгород – 603137, Тропинина, 47; e-mail: okatrin@list.ru*

Аннотация. Описывается постановка одной из прикладных проектно-исследовательских задач в рамках комплексного Проекта «Дифракционные устройства и системы» (ДУС), поддержанного грантом РФФИ (№ 08-08-00992-а). В ее рамках предполагается решить следующие частные задачи Проекта:

1) Реализация дифракционного подхода к созданию диэлектрических волноводно-пучковых преобразователей (ВПП) - КВЧ устройств для преобразования волноводной волны в направленное волновое образование класса гауссовых пучков в применении к диагностике быстропротекающих процессов.

2) Анализ и синтез дифракционных явлений в многомодовых диэлектрических волноводах (ММДВ), пригодных для формирования эффективных распределений поля на апертуре ВПП, способных формировать волновые пучки с заданными параметрами.

1. **Постановка задачи.** Задача ставится в рамках Проекта «Дифракционные устройства и системы» (ДУС), одни из первых обсуждений которого проведены в [1,2]. **Актуальность задачи** определяется тем, что современные радиосистемы все шире используют волны диапазона крайне высоких частот (КВЧ). Его достоинства известны: широкая полоса частот, высокое пространственное разрешение, возможность реализации высокой направленности антенн, габариты КВЧ узлов, и др. Но пока далеко не все возможности КВЧ диапазона раскрыты. Одна из причин – недостаточное развитие адекватной этому диапазону элементной базы.

Одно из актуальных применений КВЧ физики и техники связано с диагностикой газодинамических процессов. Настоящая работа ориентирована именно на эту и родственные ей актуальные области приложений. Анализ положения дел и тенденций развития этой области на середину 2007 года хорошо описан Ю.И. Ореховым в его докторской диссертации [3].

2. **Конкретизация задачи.** Системные задачи, являющиеся внешними для настоящей работы, формулируются в [3] следующим образом:

- 1) Получение распределений полей зондирующих волновых образований (ЗВО), близких к распределению одного или нескольких гауссовых пучков, в том числе с различными размерами в поперечных направлениях.
- 2) Поиск обликов, разработка конструкций и создание методов оптимизации параметров различных типов *волноводно-пучковых преобразователей* (ВПП), служащих для выполнения набора функций п.1.
- 3) Поиск принципов построения и проектирования набора ВПП, дающих возможность многоканального, обликового анализа объектов диагностики.
- 4) Совмещение функций формирования и обработки волновых образований (ВО).

Основные усилия авторского коллектива ориентированы на создание ВПП класса диэлектрических устройств. Здесь выделились два направления:

- дифракционные устройства (ДУ) на базе многосвязных диэлектрических волноводов (МСДВ) - обобщение этих работ по состоянию на апрель 2009 года дано в [4];
- ДУ на базе многомодовых диэлектрических волноводов (ММДВ) – описанию этих работ посвящен настоящий доклад.

3. **Класс явлений и процессов электродинамической дифракции (ЭДД).** Под ЭДД в широком смысле слова в настоящем докладе и в Проекте ДУС понимается класс **волновых процессов**, происходящих при взаимодействии электромагнитного поля и вещества при следующих условиях, описанных в докладе [5]: условие динамичности процесса, условие неоднородности среды и условие нерегулярности задачи.

На первом этапе работы дифракционные явления рассматриваются в классе следующих обликов:

1) Так называемые **одномерно широкие волноводы** (ОШВ) на базе диэлектрического волновода (ОШДВ). Основной плюс ОШВ в том, что в них многомодовость имеет место только по одной координате x , что на порядок упрощает как описание физики происходящих процессов, так и их анализ. Сама идея многомодовости, методика расчета и анализа физики происходящих процессов не нова, ей занимались сотни людей. В частности коллектив авторов [6] рассматривали преобразование амплитудно-фазовых распределений (АФР) в модели ОШВ на базе металлического волновода. Именно это дало идею настоящей работы, но в принципиально ином классе обликков - открытых систем: диэлектрических волноводов и пластин.

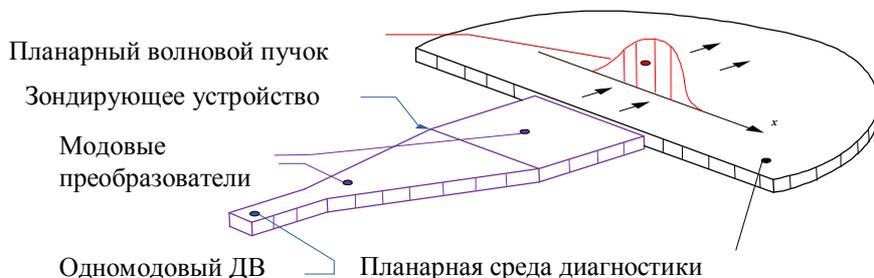


Рис.1. Проектная идея создания ВПП на базе ОШДВ

2) **Нерегулярные отрезки** ОШДВ. Иллюстрация – см. рис. 1.

3) **Сочетания** объектов пп. 1 и 2 с одномодовыми ДВ, связанными с ними посредством **распределенной связи**. Например, так, как это сделано в изобретении [7], решающем другие функциональные задачи.

5. Некоторые результаты проекта. В докладе более подробно будут описаны конкретные результаты, полученные в классе дифракционных устройств и систем, построенных на базе многомодовых диэлектрических волноводов (МСДВ). Часть этих результатов приведена в [8].

В частности, рассмотрены особенности **дифракционных явлений**, происходящих в ВПП с обликком, показанным на рис.1.

На рис.2 показаны поперечные распределения амплитуды и фазы (АФР) полей многомодового волнового образования МВО в виде суммы двух типов волн (основной тип H_{10} плюс третий тип H_{30} , с вдвое меньшей амплитудой). Видно, что АФР такого МВО изменяется по мере **по мере его движения** вдоль волновода. Очевидная причина – дифракционная интерференция мод. Для получения желаемого распределения на выходной апертуре ВПП этот процесс интерференции должен быть организован соответствующим образом.

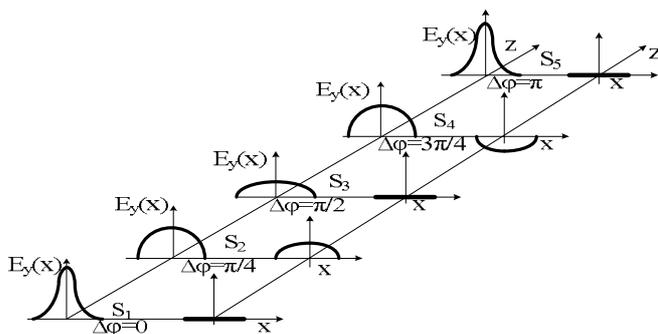


Рис. 2. Последовательность распределений амплитуды (слева и вверху) и фазы (справа и внизу) в разных сечениях одномерно широкого волновода.

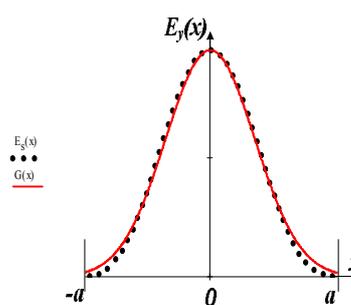
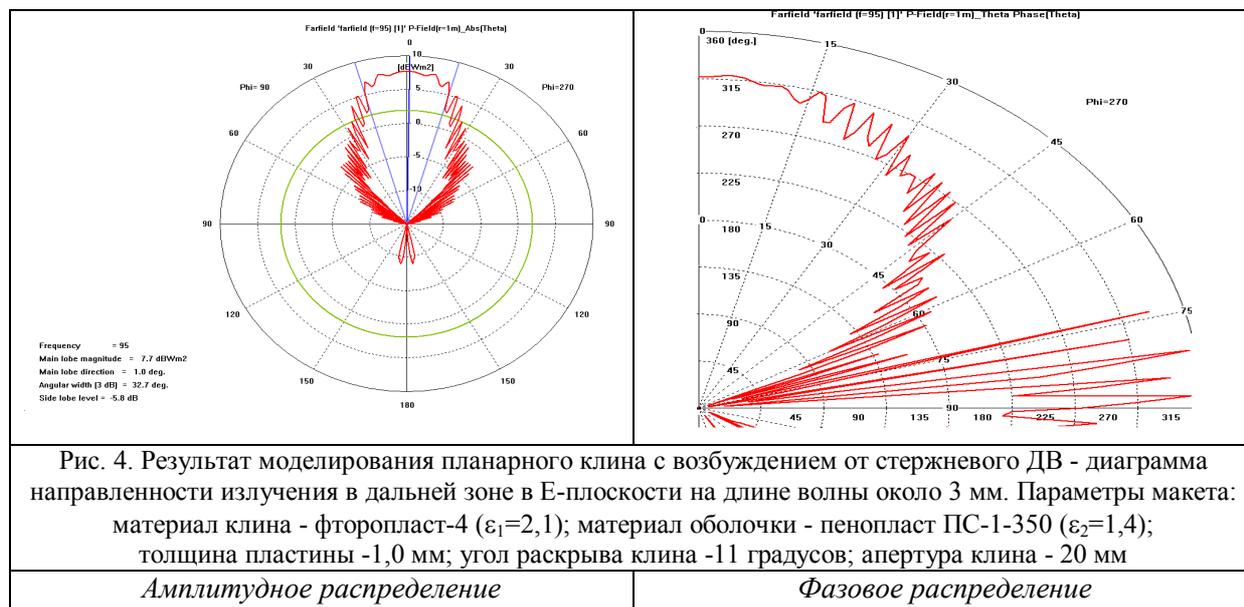


Рис.3. Поперечные распределения поля суммы двух типов волн (пунктир) и волнового пучка (сплошная)

Один из способов – реализация такого процесса дифракции в модовом преобразователе специальной формы (слева на рис.1), когда на его выходе получаем соотношение амплитуд $W_1=1$, а $W_3=1/3$. На рис. 3 показаны амплитудные синфазные распределения на выходе ВПП, полученные на его упрощенной модели.

Поскольку строгий анализ дифракционных явлений в описанных ВПП весьма сложен, было проведено также компьютерное моделирование происходящих в ВПП процессов с помощью пакета программ CST STUDIO SUITE 2008 (MICROWAVE STUDIO). В докладе будет представлен массив полученных в ходе моделирования результатов. Один из примеров показан

на рис. 4 - к сожалению, не в виде АФР на апертуре ВПП, формирование которого является функцией ВПП, а в виде диаграммы направленности в дальней зоне, которую быстро только и умеет считать названный пакет.



В докладе будет проведено также **сопоставление возможностей** физического и компьютерного анализа ВПП на ММДВ. Будут изучены и указаны пути взаимодополняющего согласования результатов, полученных двумя названными методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Взятых В.Ф., Смольский С.М., Орехов Ю.И., Клячин С.А., Николаенко Д.В.** Дифракционные СВЧ и КВЧ радиотехнические устройства и системы: физика взаимодействия и принципы действия // Труды международной конференции «Крымико-2008». Севастополь, сентябрь 2008, т.2, стр. 771-775.
2. **Взятых В.Ф., Смольский С.М., Орехов Ю.И.** Дифракционные явления и волновые образования: физика процессов и взаимодействий в ближней зоне и принципы действия устройств и систем // «Известия ВУЗов, Физика», 2008, № 9/2, с. 128-133.
3. **Орехов Ю.И.** Открытые волноводные и резонансные КВЧ устройства бесконтактной диагностики быстропротекающих процессов в многокомпонентных средах // М.: МЭИ, Автореф. дисс. д-ра т. н., 2007, 40 С.
4. **Владимиров С. В.** Диэлектрические волноводно-пучковые преобразователи на многосвязных волноводах: явления и принципы построения / Автор. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, - М.: МЭИ, 2009, - 20 С.
5. **Взятых В.Ф., Смольский С.М., Орехов Ю.И., Пермяков В.А., Владимиров С.В.** Дифракционные КВЧ устройства на открытых диэлектрических волноводах и их системах: физика явлений в ближней зоне и некоторые актуальные применения. Доклад в настоящем сборнике.
6. **Власов Б.И., Нечаев Ю.Б.** Анализ распространения нормальных волн в регулярном сверхразмерном прямоугольном волноводе // М.: «Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот», том 15, выпуск 2(44), 2007.
7. **Взятых В.Ф., Подковырин С.И.** Полосовой фильтр. Авт. свидетельство СССР №905919 от 15.02.82.
8. **Клячин С.А., Данилина М.В., Крамич А.П.** Движение волновых образований в поперечно-неоднородной среде: дифракционные явления и способы управления амплитудным распределением на апертуре // «Известия ВУЗов, Физика», 2008, № 9/2, с. 42-46.