

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиотехники и электродинамики
наименование кафедры

Волны в волноводах терагерцевого диапазона.

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы

направления 03.03.03 «Радиофизика»
код и наименование направления (специальности)

физического факультета
наименование факультета, института, колледжа

Исмаилова Шахбана Рамазановича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

д.ф.-м. н., проф.
должность, ученая степень, звание

подпись, дата

Давидович М.В.
инициалы, фамилия

Консультант

должность, ученая степень, звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

Зав.кафедрой, д.ф.-м. н., проф.
должность, ученая степень, звание

подпись, дата

Глухова О.Е.
инициалы, фамилия

Введение

Волновод — искусственный или естественный направляющий канал, в котором может распространяться волна. При этом поток мощности, переносимый волной, сосредоточен внутри этого канала или в области пространства, непосредственно примыкающей к каналу.

Волноводы были предложены Д.Д. Томпсоном в 1893 г., реализованы в 1894 г. О. Лоджем, а электромагнитные поля в цилиндрической металлической трубе впервые рассмотрены в 1897 г. Д.У. Стреттом (Рэлеем). При освоении сантиметрового и миллиметрового диапазонов изначально использовались полые волноводы. Дисперсия в них при идеальных электрических или магнитных стенках описывается законом

$$\gamma(\omega) = \alpha(\omega) + j\beta(\omega) = j\sqrt{k_0^2 - k_c^2} = \frac{j\omega}{c}\sqrt{1 - (\omega_c / \omega)^2} = \frac{j\omega n(\omega)}{c}, \quad (1)$$

где выше отсечки $\alpha = 0$, а ниже нее $\beta = 0$. Предполагается экспоненциальная зависимость вида $\exp(j\omega t - \gamma(\omega)z)$ для компонент гармонического во времени поля (которую далее будем опускать) вдоль оси волновода z и введены обозначения: $k_0 = \omega/c$ — волновое число в вакууме, k_c — критическое (поперечное) волновое число, связанное с критической частотой (отсечкой) рассматриваемой моды соотношением $k_c = \omega_c/c$. Здесь явно выделены: действительная часть α (постоянная затухания) и мнимая часть β (фазовая постоянная) комплексной в общем случае величины $\gamma = jk_z$, связанной с комплексной продольной постоянной распространения k_z .



Рис.1 Полый волновод

Общий интерес к терагерцовым частотам в основном объясняется уникальными способностями в области спектроскопии и визуализации, способствующими новым методам для исследования свойств материалов и нескольких биомедицинских применений. На терагерцовых частотах происходят многие основные возбуждения в сильно коррелированных электронных системах, что мотивирует использование терагерцовой спектроскопии. Существует множество приложений для волн в таких областях, как безопасность, инспекция и спектроскопия.

Основное содержание работы

В данной работе представлены различные типы волноведущих структур терагерцевого диапазона, к которым относятся:

Металлические волноводы;

Металлодиэлектрические волноводы;

Диэлектрические волноводы;

Фотонно-кристаллические волноводы;

Волноведущие структуры для поверхностных плазмонов;

Линзовые волноведущие структуры;

Периодические волноводы;

Представлен рисунок каждого из них.

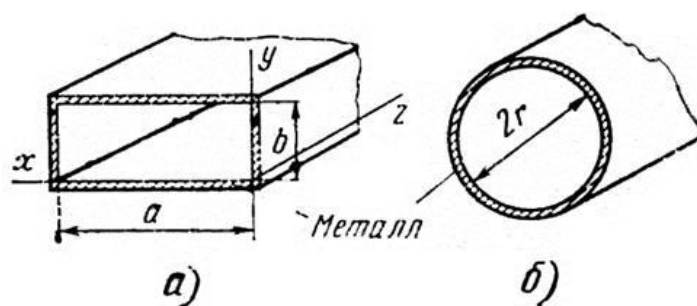


Рис.2 Металлический волновод

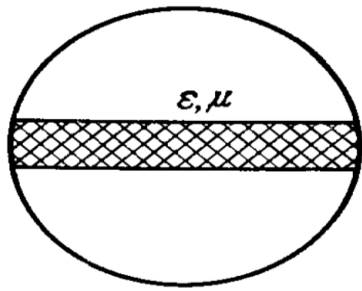


Рис.3 Металлодиэлектрический

ВОЛНОВОД

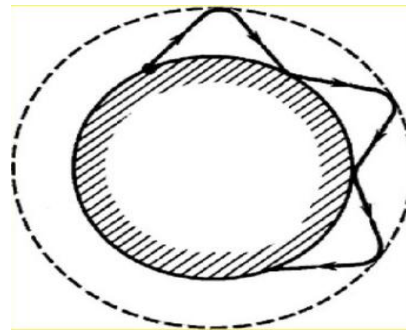


Рис.4 Диэлектрический

ВОЛНОВОД

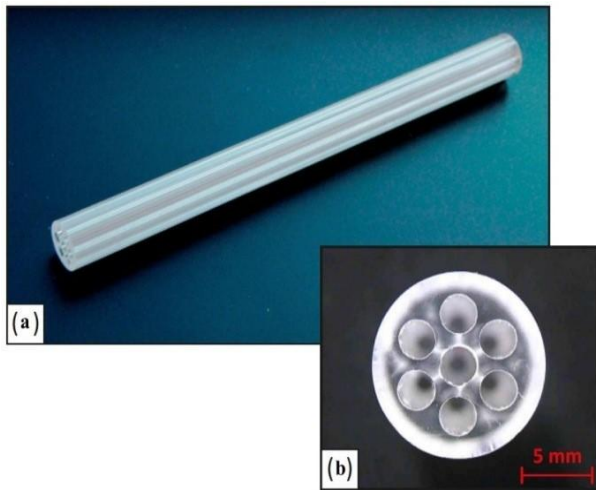


Рис.5 Фотонно-кристаллический

ВОЛНОВОД

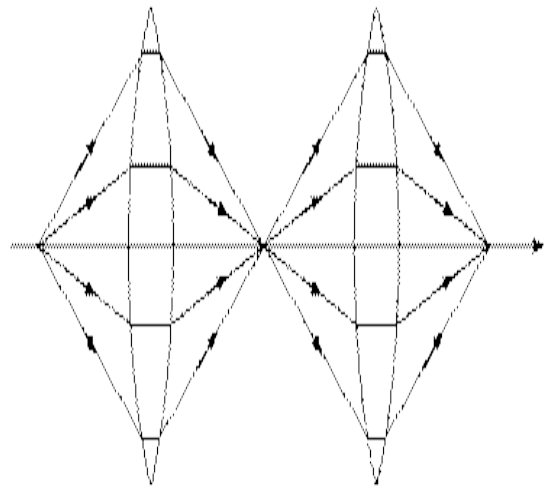


Рис.6 Линзовый волновод

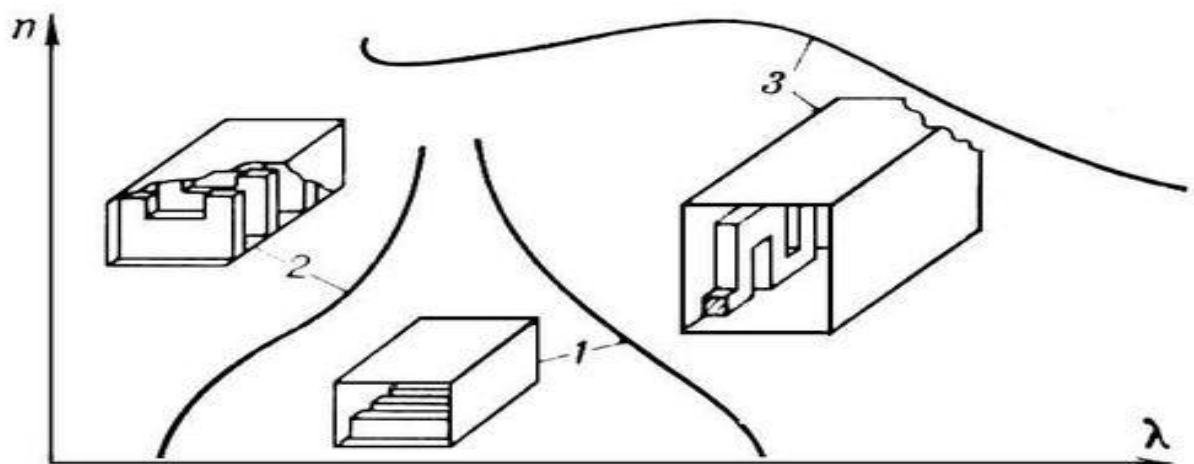


Рис.7 Периодический волновод

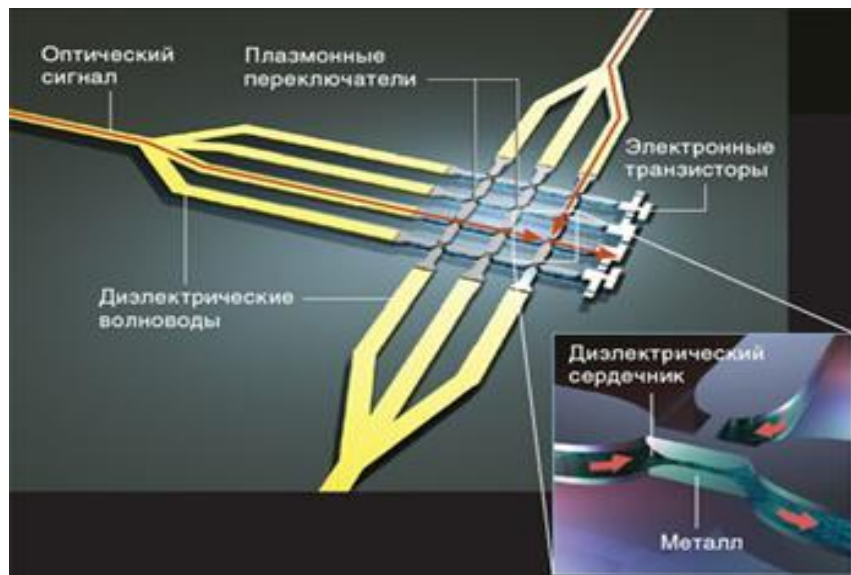


Рис.8 Волновод для поверхностных плазмонов

Также в работе показано поведение ТГц волн в волноводах и без них

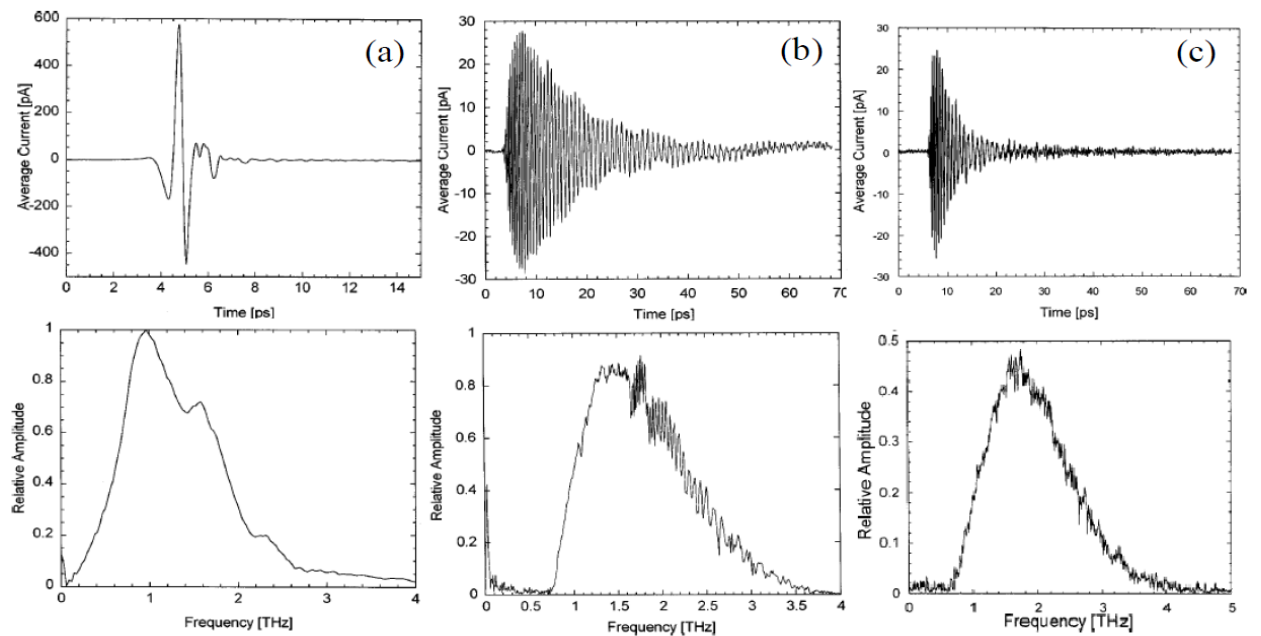


Рис.9 (a) Волна ТГц во временной и частотной области без волновода;

(b) С круглым волноводом;

(c) С прямоугольным волноводом;

ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ВОЛНОВОДЫ

Немалый интерес в ТГц диапазоне представляют фотонно-кристаллические волноводы. Фотонный кристалл состоит из чередующихся слоев или областей с различными показателями преломления. Такое чередование позволяет получить так называемые «фотонные запрещенные зоны» - области, где волна может распространяться с определенной частотой, а волны с другими частотами будут отражаться.

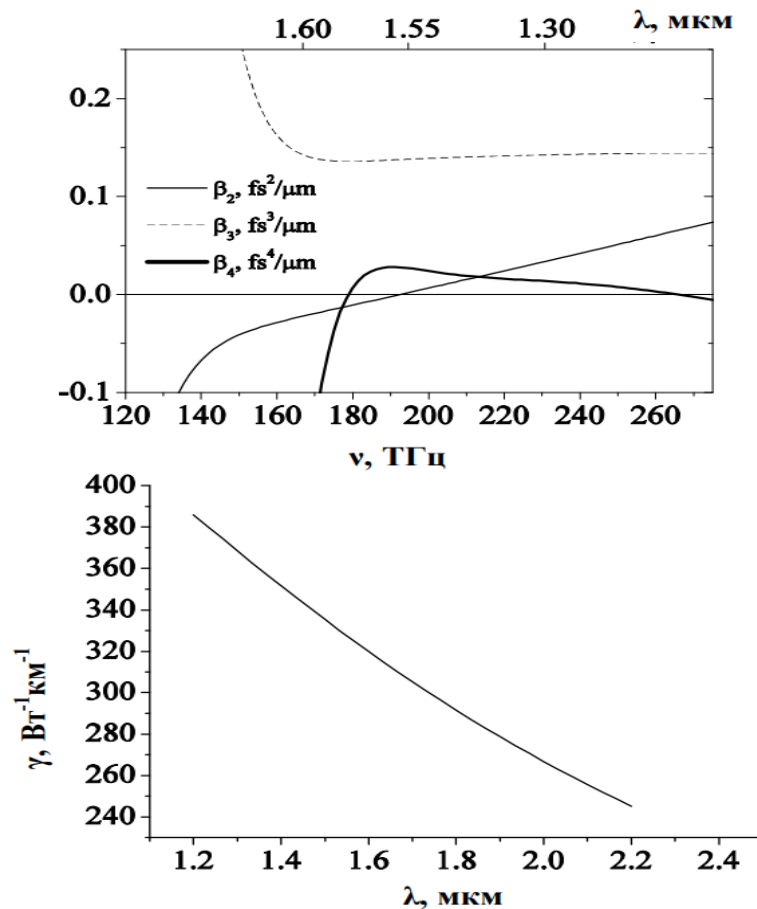


Рис.10 Дисперсионные характеристики ФКВ

В работе еще показано, как потери могут влиять на прохождение волны волноводе.

Потери передачи в ТГц волноводах обусловлены главным образом поглощением материала, а также немаловажное значение имеют омические потери и поглощение внутри диэлектриков

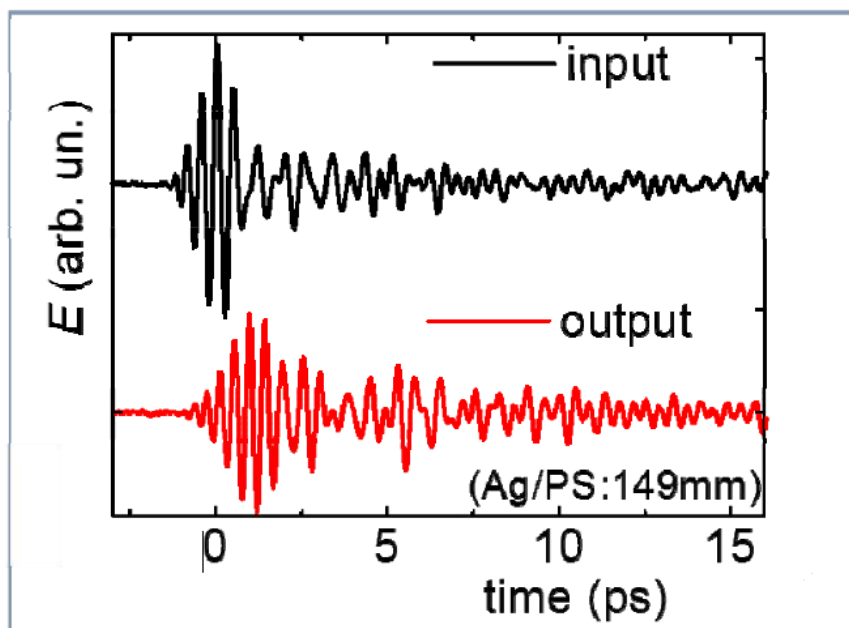


Рис.11 ТГц-импульсные сигналы, на входе и на выходе цилиндрического волновода

Заключение

В данной работе проведен обзор различных типов волноведущих структур терагерцевого диапазона. Представлены результаты вычислений потерь, дисперсионных характеристик и проводимости некоторых волноводов. Проведен сравнительный анализ рассмотренных волноведущих структур.