

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики твердого тела

**Тема: Особенности амплитудно-частотных характеристик СВЧ
фотонных кристаллов, содержащих слои поглотителя
электромагнитного излучения**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса магистратуры 2251 группы

направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

код и наименование направления

института физики

наименование факультета

Никулина Дмитрия Владиславовича

фамилия, имя, отчество

Научные руководители

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

A.B. Скрипаль

инициалы, фамилия

к.ф.-м.н., доцент

E.V. Латышева

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

A.B. Скрипаль

инициалы, фамилия

Саратов 2023

Тема работы актуальна в настоящее время, т.к. используя результаты измерений спектров отражения и пропускания, взаимодействующего на них СВЧ-излучения, зная их теоретическое описание, можно определить параметры диэлектрических и полупроводниковых материалов.

Целью магистерской работы являлось исследование особенностей амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонных кристаллов, содержащих слои поглотителя электромагнитного излучения.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Рассмотрена модель СВЧ фотонного кристалла, описывающая его амплитудно-частотные характеристики при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла и на его границе.
2. Проведение компьютерного моделирования амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла.
3. Проведение экспериментального исследования амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла.
4. Обсуждение результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

Данная магистерская работа состоит из восьми разделов: введение, трёх глав и заключения.

Материалы исследования: решение прямой задачи методом матриц передачи для определения коэффициентов отражения и прохождения электромагнитной волны в волноводном фотонном кристалле с добавлением дефекта в виде воздушного нарушения и образцов (ферромагнитный поглотитель, силиконовый герметик У-4-21, ферритовый порошок 1000 НМ, синтетический каучук СКТН-А) и их дальнейшего перемещения внутри воздушного слоя.

Разделы ВМР: «Введение», «Дефектные и таммовские состояния в СВЧ фотонных кристаллах», «Таммовские состояния в кристаллах», «Аналоги таммовских состояний в фотонных кристаллах», «Состав и характеристики исследуемого поглотителя электромагнитного излучения, использованного в качестве нарушения в СВЧ фотонном кристалле для создания дефектной моды», «Компьютерное моделирование амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла», «Математическая модель

фотонного кристалла», «Результаты компьютерного моделирования», «Экспериментальное исследование амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла», «Заключение» и «Список использованных источников».

Структура ВМР: работа представлена 75 страницами; включает в себя 86 рисунка и 17 формул; список использованной литературы представлен 28 источником.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулирована цель работы, задачи.

В первой главе рассмотрены дефектные и таммовские состояния в СВЧ фотонных кристаллах.

Во второй главе описывается теоретический анализ и результаты компьютерного моделирования амплитудно-частотных характеристик фотонного кристалла.

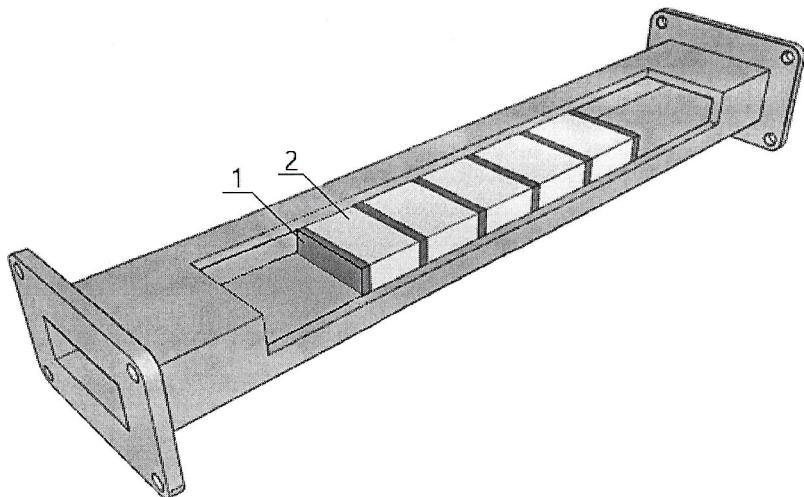


Рис. 1. Конструкция одномерного микроволнового фотонного кристалла.

В качестве волноводного фотонного кристалла (Рис. 1) использовалась структура, представляющей собой периодически чередующиеся слои двух типов диэлектриков с различными значениями толщины и диэлектрической проницаемости, помещенная в прямоугольный волновод. Для того, чтобы в фотонном кристалле наблюдались 2 запрещенные зоны и 1 разрешенная зона выбираются определенные размеры и материалы в диапазоне 6.6-13 ГГц.

Была построена модель волноводного фотонного кристалла с поглотителем внутри фотонного кристалла: после 5 слоя создавалось нарушение в виде поглотителя, окруженный с 2-х сторон пространством

воздуха (см. рис. 2). Рассматриваемая структура фотонного кристалла состояла из слоев поликора толщиной 1 мм и фторопласта толщиной 9 мм, полностью заполненного волновода по поперечному сечению.

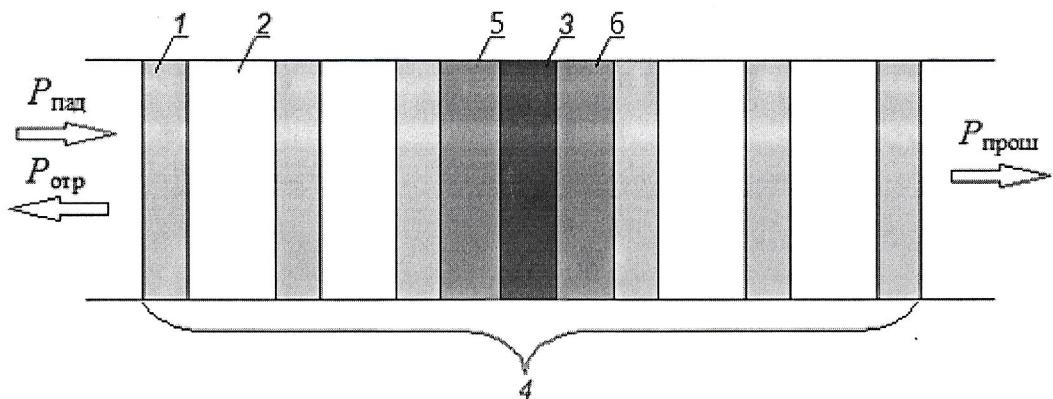


Рис.2 Модель волноводного фотонного кристалла со слоем поглотителя: 1 – слой поликора равный 1 мм; 2 – слой фторопласта толщиной 9 мм; 3 – образец; 4 – одномерный 11-слойный волноводный фотонный кристалл; 5,6 – воздушное нарушение.

В третьей главе представлена и описана экспериментальная часть по нахождению и сравнению АЧХ фотонных кристаллов с разными слоями образцов.

Для эксперимента была собрана установка и исследовался волноводный фотонный кристалл с нарушением в виде воздушного слоя и образцов (ферромагнитный поглотитель, силиконовый герметик У-4-21, ферритовый порошок 1000 НМ, синтетический каучук СКТН-А) изготовленный в соответствии с моделью, описанной ранее.

Экспериментально исследовался фотонный кристалл, созданный в соответствии с описанной выше моделью и состоящий из 11 слоев в диапазоне частот 6.6–13 ГГц. Нечетные слои были выполнены из поликора, четные выполнены из фторопласта. Длины нечетных и четных отрезков составляли 1 и 9 мм соответственно.

Из результатов компьютерного моделирования следует, перемещение исследуемых образцов внутри нарушения периодичности приводит к изменению частоты дефектной моды. При этом размещение образца в центре нарушения приводит к максимальному сдвигу дефектной моды в сторону низких частот.

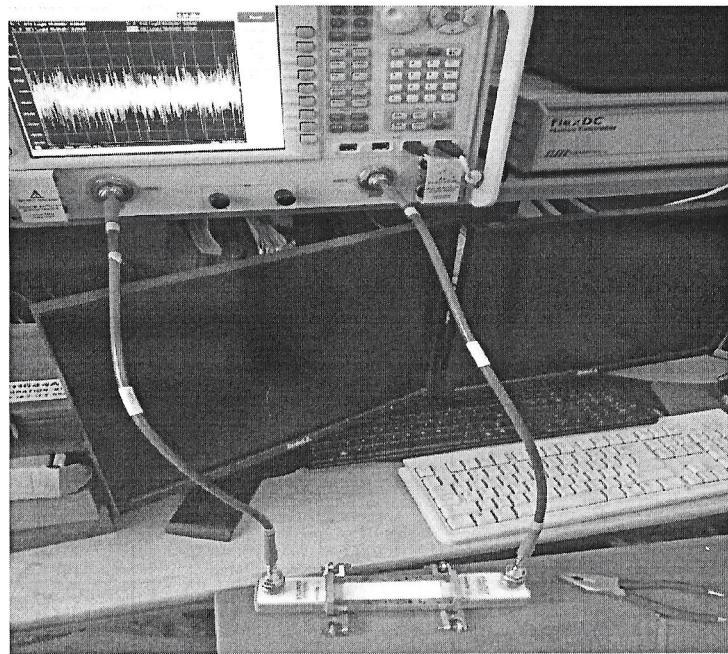


Рис. 3. Фотография установки

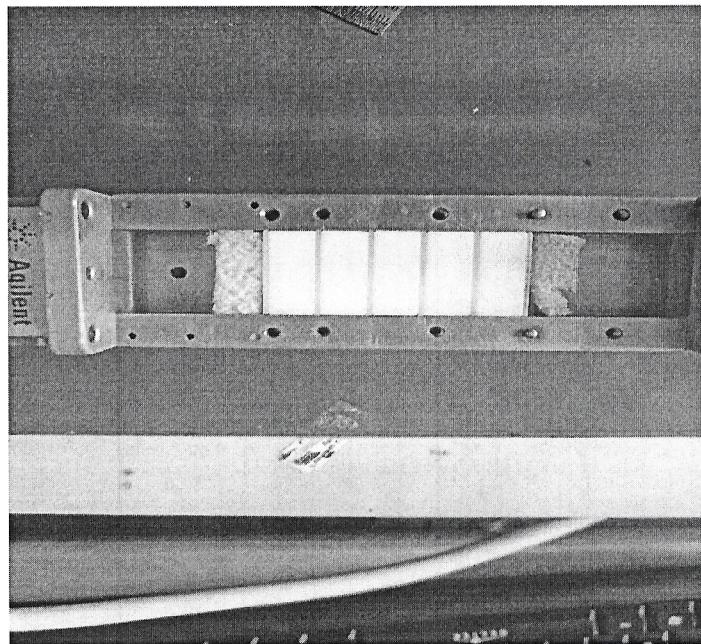


Рис 4. Фотография собранного фотонного кристалла в волноводе, состоящего из 11 слоев.

И далее были представлены частотные зависимости коэффициентов отражения и прохождения 11-и слойного фотонного кристалла без нарушения, с нарушением воздуха и с воздушным слоем и образцом, расположенного в среднем слое кристалла и перемещая его в различных местах нарушения.

В ходе выполнения магистерской работы получены следующие выводы:

1. Проведён анализ возникновения дефектных и таммовских состояний в СВЧ фотонных кристаллах
2. Выполнено компьютерное моделирование амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла
3. Показана, возможность описания амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении слоя поглотителя внутри фотонного кристалла для различных его расположений внутри нарушения фотонного кристалла.
4. Установлено, что перемещение исследуемых образцов внутри нарушения периодичности приводит к изменению частоты дефектной моды. При этом размещение образца в центре нарушения приводит к максимальному сдвигу дефектной моды в сторону низких частот.
5. Показано, что для образцов, характеризующихся значительной величиной потерь, при перемещение исследуемых образцов внутри нарушения периодичности наблюдается изменение амплитуды резонанса на частоте дефектной моды. При этом размещение образца в центре нарушения приводит к максимальному уменьшению амплитуды резонанса на частоте дефектной моды.
6. Проведено экспериментальное исследование амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонного кристалла при размещении исследуемых образцов ферромагнитного поглотителя, ферритового порошка марки 1000 НМ, синтетического каучука СКТН-А, силиконового герметика У-4-21 внутри фотонного кристалла.
7. Показано, что на амплитудно-частотных характеристиках фотонного кристалла в запрещённой зоне возникает дефектная мода, частотное положение которой определяется характеристиками данных образцов и их местоположением внутри нарушения периодичности.
8. Установлено, что для образцов синтетического каучука СКТН-А и силиконового герметика У-4-21, обладающих относительно малыми потерями, наблюдается в основном частотное смещение дефектной моды.
9. Установлено, что для образцов ферромагнитного поглотителя и ферритового порошка марки 1000 НМ кроме частотного сдвига наблюдается изменение амплитуды резонанса на частоте дефектной моды. В случае расположения образца в центре нарушения наблюдается максимальное уменьшение амплитуды резонанса на частоте дефектной моды и даже её полное исчезновение.

