

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

Кафедра физики твёрдого тела

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

**ВЛИЯНИЕ НАРУШЕНИЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ НА ЗОННУЮ
СТРУКТУРУ ВОЛНОВОДНОГО ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА**

студента 4 курса 4051 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

института физики

Журавлёва Николая Сергеевича

Научный руководитель
д.ф.-м.н., профессор



А.В. Скрипаль

Зав. кафедрой физики твёрдого тела
д.ф.-м.н., профессор



А.В. Скрипаль

Саратов 2025 г.

.Общая характеристика работы.

Структура бакалаврской работы. Кроме ВВЕДЕНИЯ, ЗАКЛЮЧЕНИЯ И СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ работа включает 3 основных раздела:

Целью работы является исследование влияния нарушений периодичности на зонную структуру волноводного фотонного кристалла с помощью компьютерного моделирования амплитудно-частотных характеристик и экспериментальных данных.

Задачами, решаемыми при выполнении выпускная квалификационная работы, являлись:

- 1) Разработка модели СВЧ фотонного кристалла с нарушением периодичности в виде изменения диэлектрической проницаемости и размера центрального слоя.
- 2) Выполнение компьютерного моделирования амплитудно-частотных характеристик СВЧ фотонных кристаллов с нарушением периодичности и установление влияния нарушений периодичности на зонную структуру волноводного фотонного кристалла.
- 3) Проведение экспериментальных исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В разделе 1 рассматривались фотонные кристаллы, их виды и применение в современном мире. На сегодняшний день одной из наиболее интенсивно развивающихся областей науки является фотонные кристаллы. При помощи этих кристаллов в современном мире появляются различные открытия, благодаря которым растет современная наука, современное производство и за счет фотонных кристаллов идет увеличение дальнейших разработок. Фотонные кристаллы представляют собой периодические микро- или наноструктуры, состоящие из диэлектриков, металлодиэлектриков или сверхпроводников. Они воздействуют на распространение электромагнитных волн аналогично тому, как периодический потенциал в полупроводниковом кристалле влияет на движение электронов, формируя разрешённые и запрещённые энергетические зоны.

В разделе 2 представлены результаты компьютерного моделирования АЧХ СВЧ-фотонного волноводного кристалла с различными нарушениями. Как следует из результатов расчета при создании нарушения в запрещённой зоне ФК, возникает пик пропускания (дефектная мода).

С увеличением размера нарушения частота дефектной моды наблюдается уменьшение частоты дефектной моды в диапазоне от 11.204 ГГц до 8.901 ГГц.

Из результатов расчёта следует: ширины разрешённой зоны при отсутствии нарушения составляла 3.95 ГГц и при внесении нарушения увеличивается. Из расчётов также следует, что в диапазоне размеров нарушения от 1 мм до 6 мм ширина запрещённой зоны практически не изменяется, оставаясь равной 5.7 ГГц, а в диапазоне размеров нарушения от 16 мм до 26 мм ширина запрещённой зоны изменяется немонотонно от 5.351 ГГц до 4.993 ГГц. Максимальная ширина запрещённой зоны достигается при размере нарушения равном 20 мм.

В разделе 3 было проведено экспериментальное исследование амплитудно-частотных характеристик волноводных фотонных кристаллов СВЧ диапазона. Был собран волноводный фотонных кристалл для исследования в 3-х сантиметровом диапазоне частот.

Фотонный кристалл представлял собой 11-ти слойную структуру, размещённую в отрезке волновода и собранную из чередующихся слоёв поликора, толщиной 1 мм, и фторопласта, толщиной 9 мм. Нарушение создавалось в 6-м центральном слое в виде отрезка волновода с воздушным заполнением.

Отрезок волновода с помощью коаксиального кабеля и коаксиально-волноводного перехода соединялся с векторным анализатором цепей «Agilent PNA-X Network Analyzer N5242A». С помощью анализатора цепей (рис. 16) были получены частотные зависимости. Измерения были перенесены в программу Mathcad для наглядного представления амплитудно-частотных характеристик.

При проведении экспериментальных исследований изменялся размер нарушения собранного фотонного кристалла. Для каждого размера нарушения были измерены АЧХ фотонного кристалла.

Из результатов эксперимента следует, что в диапазоне изменения размера нарушения от 1 мм до 28 мм частота дефектной моды уменьшается от 11.189 ГГц до 8.428 ГГц.

При введении нарушения ширина запрещённой зоны увеличивается от 4.518 ГГц при фотонном кристалле без нарушения до 5.14 ГГц при создании нарушения равном 8 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования резонансных характеристик волноводных фотонных кристаллов с нарушением периодичности показали, что внесение нарушения в фотонный кристалл приводят к возникновению дефектной моды в запрещённой зоне фотонного кристалла и влияет на зонную структуру фотонного кристалла.

Расчёты были выполнены с использованием метода матриц передачи с помощью программы, написанной в среде MathCAD.

Установлено, что при введении нарушения ширина запрещённой зоны увеличивается.

Были получены зависимости ширины разрешённой зоны от размера нарушения. Установлены размеры нарушений, при которых ширина запрещённой зоны принимает максимальные значения.

Получены расчётные зависимости частоты дефектной моды от размера нарушения при конкретных параметрах волноводного СВЧ фотонного кристалла.

Установлено, что в диапазоне размеров нарушения от 1 мм до 6 мм ширина запрещённой зоны практически не изменяется, а в диапазоне

размеров нарушения от 16 мм до 26 мм ширина запрещённой зоны изменяется немонотонно.

Создан 11-слойный СВЧ фотонный кристалл с периодически чередующимися диэлектрическими слоями.

Проведены экспериментальные исследования СВЧ фотонного кристалла.

Показано, что экспериментальные данные подтверждают результаты компьютерного моделирования.