

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники

Аннотация к дипломной работе

**ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ РЕЗОНАТОРА НА МОДОВЫЙ СОСТАВ
КВАНТОВО-КАСКАДНЫХ ЛАЗЕРОВ ТЕРАГЕРЦОВОГО
ДИАПАЗОНА**

Морозов Артемий Дмитриевич

Научный руководитель – профессор Афоненко А.А.

Минск, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 44 страницы, 22 иллюстрации, 33 источника.

Ключевые слова: КВАНТОВО-КАСКАДНЫЙ ЛАЗЕР, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МОДЫ ЛАЗЕРОВ, УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА, МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МОД КВАНТОВО-КАСКАДНЫХ ЛАЗЕРОВ, ДЕФЕКТЫ РЕЗОНАТОРОВ В ЛАЗЕРАХ, WOLFRAM MATHEMATICA.

Объект и предмет исследования: влияние ступенчатого дефекта одной грани резонатора на модовый состав квантово-каскадных лазеров.

В работе выполнено исследование модовой структуры квантово-каскадных лазеров терагерцового диапазона. Проведено моделирование электромагнитных мод в идеальном резонаторе правильной прямоугольной формы, а также в резонаторе со ступенчатым дефектом одной грани. Решение волнового уравнения для напряженности электрического поля в резонаторе с нулевыми граничными условиями найдено численно как решение задачи на собственные значения и собственные вектора.

Установлено, что наличие дефекта грани резонатора приводит к возникновению неоднородного распределения плотности энергии электромагнитной моды в резонаторе. Например, для излучения на длине волны 100 мкм в резонаторе размером 30×1000 мкм наличие ступенчатого дефекта выходной грани глубиной в четверть длины волны в веществе приводит к неоднородности распределения интенсивности моды вдоль резонатора со стандартным отклонением 8.7%. При увеличении глубины дефекта до половины длины волны в веществе неоднородность распределения вдоль резонатора увеличивается до 19.2 %.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе излучательных характеристик и проектировании квантово-каскадных лазеров терагерцового диапазона.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 44 старонкі, 22 малюнка, 33 крыніцы.

Ключавыя словы: КВАНТАВА-КАСКАДНЫ ЛАЗЕР, ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫЯ МОДЫ ЛАЗЕРАЎ, УРАЎНЕННІ МАКСВЕЛА, МАДЭЛЯВАННЕ ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫХ МОД КВАНТАВА-КАСКАДНЫХ ЛАЗЕРАЎ, ДЭФЕКТЫ РЭЗНАТАРАЎ У ЛАЗЕРАХ, WOLFRAM MATHEMATICA.

Аб'ект і прадмет даследавання: уплыў ступеністага дэфекту адной грані рэзанатара на модавы склад квантава-каскадных лазераў.

У працы выканана даследаванне модавай структуры квантава-каскадных лазераў терагерцовога дыяпазону. Праведзена мадэляванне электрамагнітных мод у ідэальным рэзанатары правільнай прастакутнай формы, а таксама ў рэзанатары са ступеністым дэфектам адной грані. Рашэнне хвалевага раўнання для напружанасці электрычнага поля ў рэзанатары з нулявымі межавымі ўмовамі знойдзена лікава як рашэнне задачы на ўласныя значэнні і ўласныя вектары.

Устаноўлена, што наяўнасць дэфекту грані рэзанатара прыводзіць да ўзнікнення неаднароднага размеркавання шчыльнасці энергіі электрамагнітнай моды ў рэзанатары. Напрыклад, для выпраменьвання на даўжыні хвалі 100 мкм у рэзанатары памерам 30×1000 мкм наяўнасць ступеністага дэфекту выходнай грані глыбінёй у чвэрць даўжыні хвалі ў рэчыве прыводзіць да неаднароднасці размеркавання інтэнсіўнасці моды ўздоўж рэзанатара са стандартным адхіленнем 8.7%. Пры павелічэнні глыбіні дэфекту да паловы даўжыні хвалі ў рэчыве неаднароднасць размеркавання ўздоўж рэзанатара павялічваецца да 19.2%.

Атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны пры аналізе выпраменьвальных характарыстык і праектаванні квантава-каскадных лазераў терагерцовога дыяпазону.

ABSTRACT

Diploma Thesis: 44 pages, 22 illustrations, 33 sources.

Keywords: QUANTUM CASCADE LASER, ELECTROMAGNETIC MODES OF LASERS, MAXWELL'S EQUATIONS, MODELING OF ELECTROMAGNETIC MODES OF QUANTUM CASCADE LASERS, RESONATORS DEFECTS IN LASERS, WOLFRAM MATHEMATICA.

Object and subject of research: the influence of a stepped defect of one resonator face on the mode composition of quantum-cascade lasers.

In this graduate studies, we study the mode structure of quantum-cascade lasers in the terahertz range. Simulation of electromagnetic modes in an ideal resonator of a regular rectangular shape, as well as in a resonator with a stepped defect of one face, is carried out. The solution of the wave equation for the electric field strength in a resonator with zero boundary conditions is found numerically as a solution to the problem on eigenvalues and eigenvectors.

It has been found that the presence of a defect in the resonator face leads to the appearance of an inhomogeneous distribution of the energy density of the electromagnetic mode in the resonator. For example, for radiation at a wavelength of 100 μm in a resonator $30 \times 1000 \mu\text{m}$ in size, the presence of a stepped defect in the exit face with a depth of a quarter of the wavelength in the material leads to a nonuniform distribution of the mode intensity along the resonator with a standard deviation of 8.7%. As the depth of the defect increases to half the wavelength in the material, the inhomogeneity of the distribution along the resonator increases to 19.2%.

The results obtained can be used in the analysis of radiative characteristics and in the design of quantum-cascade lasers in the terahertz range.