

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

Аннотация к дипломной работе

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В КВАНТОВО-КАСКАДНЫХ СТРУКТУРАХ С ГОФРИРОВАННЫМИ ГРАНЯМИ

Азявчиков Илья Вадимович

Научный руководитель – профессор Афоненко А.А.

Минск, 2022

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 44 страницы, 20 иллюстраций, 50 источников.

Ключевые слова: КВАНТОВО-КАСКАДНЫЙ ЛАЗЕР, УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МОДЫ, РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ, ГОФРИРОВАННЫЕ ГРАНИ РЕЗОНАТОРА.

Объект исследования: резонатор квантово-каскадного лазера

Предмет исследования: модовая структура электромагнитного поля.

Цель работы – анализ модовой структуры квантово-каскадных лазеров терагерцового диапазона в резонаторе с гофрированными гранями и установления влияния глубины гофра на коэффициент обратной связи.

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 гофром боковых граней. 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 при наличии гофра в структуре существуют электромагнитные моды, локализованные вблизи центра резонатора. Для излучения на длине волны 640 мкм в резонаторе размером 30 x 1000 мкм для глубины гофра 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 6.75 мкм коэффициенты обратной связи, рассчитанные как приведенный к единичной длине логарифм отношения интенсивностей в центральной и боковой пучностях, составляют 9.29, 9.42, 9.65, 10.16, 11.65 см⁻¹ соответственно. При дальнейшем увеличении глубины гофра резко увеличивается коэффициент обратной связи, и электромагнитная мода локализуется в области размером 1.5 длины волны в веществе.

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

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 44 старонкі, 20 ілюстрацый, 50 крыніц.

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

Аб'ект даследавання: рэзанатар квантава-каскаднага лазера

Прадмет даследавання: модавая структура электрамагнітнага поля.

Мэта працы – аналіз модавай структуры квантава-каскадных лазераў терагерцовога дыяпазону ў рэзанатары з гафрыраванымі гранямі і ўстанаўлення ўплыву глыбіні гофра на каэфіцыент зваротнай сувязі.

У працы выканана даследаванне модавай структуры квантава-каскадных лазераў терагерцовога дыяпазону. Праведзена мадэляванне электрамагнітных мод у ідэальным рэзанатары правільнай прамавугольнай формы, а таксама ў рэзанатары са ступеністым гофрам бакавых граняў. Рашэнне хвалевага ўраўнення для напружанасці электрычнага поля ў рэзанатары з нулявымі межавымі ўмовамі знойдзена колькасна як рашэнне задачы на ўласныя значэння і ўласныя вектара.

Устаноўлена, што пры наяўнасці гофра ў структуры існуюць электрамагнітныя моды, лакалізаваныя паблізу цэнтра рэзанатара. Для выпраменьвання на даўжыні хвалі 640 мкм у рэзанатары памерам 30 x 1000 мкм для глыбіні гофра 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 6.75 мкм каэфіцыенты зваротнай сувязі, разлічаныя як прыведзены да адзінкавай даўжыні лагарыфм адносіны інтэнсіўнасцяў у Цэнтральнай і бакавы пучностах, складаюць 9.29, 9.42, 9.65, 10.16, 11.65 см^{-1} адпаведна. Пры далейшым павелічэнні глыбіні гофра рэзка павялічваецца каэфіцыент зваротнай сувязі, і электрамагнітная мода лакалізуецца ў галіне памерам 1.5 даўжыні хвалі ў рэчыве.

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

ABSTRACT

Diploma Thesis: 44 pages, 20 illustrations, 50 sources.

Keywords: QUANTUM CASCADE LASER, MAXWELL EQUATIONS, ELECTROMAGNETIC MODES, DISTRIBUTED FEEDBACK, CORRUGATED RESONATOR FACES.

Object of research: resonator of a quantum cascade laser

Subject of research: the mode structure of the electromagnetic field.

The aim of the work is to analyze the mode structure of quantum cascade lasers of the terahertz range in a resonator with corrugated faces and to establish the effect of the depth of the corrugation on the feedback coefficient.

The study of the mode structure of quantum cascade lasers of the terahertz range is carried out. Electromagnetic modes are modeled in an ideal resonator of a regular rectangular shape, as well as in a resonator with a stepped corrugation of the side faces. 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 of eigenvalues and eigenvectors.

It is established that in the presence of a corrugation in the structure there are electromagnetic modes localized near the center of the resonator. For radiation at a wavelength of 640 microns in a resonator measuring 30 x 1000 microns, for a corrugation depth of 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 6.75 microns, the feedback coefficients calculated as the logarithm of the ratio of intensities in the central and lateral antinodes reduced to a unit length are 9.29, 9.42, 9.65, 10.16, 11.65 cm⁻¹, respectively. With a further increase in the depth of the corrugation, the feedback coefficient increases sharply, and the electromagnetic mode is localized in a region of 1.5 wavelengths in the substance.

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