

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

Аннотация к дипломной работе

МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАНТОВО-КАСКАДНЫХ ЛАЗЕРОВ
ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ
InGaP/AlInGaP ГЕТЕРОСТРУКТУР

Ярмуш Иван Владимирович

Научный руководитель – профессор Афоненко А.А.

Минск, 2024

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 42 страницы, 22 рисунка, 3 таблицы, 21 источник.

Ключевые слова: КВАНТОВО-КАСКАДНЫЙ ЛАЗЕР, ГЕТЕРО-СТРУКТУРА InGaP/AlInGaP, ТЕРАГЕРЦЕВЫЙ ДИАПАЗОН, ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И МОЩНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Объект исследования: квантово-каскадные лазеры на основе InGaP/AlInGaP гетероструктур.

Цель работы: оптимизация квантово-каскадной гетероструктуры с периодом из 3-х квантовых ям, генерирующей на частоте 7 ТГц, и установление закономерностей ее температурных и мощностных характеристик.

В работе проведен литературный обзор и выполнено численное моделирование квантово-каскадных лазеров на основе InGaP/AlInGaP гетероструктур.

Предложен дизайн квантово-каскадного лазера с периодом из 3-х квантовых ям, излучающего на частоте 7 ТГц. Рассчитанное максимальное усиление на частоте 7 ТГц при температуре 75 К составило около 125 см^{-1} , плотность тока в пороге генерации – около 500 А/см^2 , максимальная рабочая температура лазера – 97 К. По сравнению с квантово-каскадными лазерами на основе InGaP/AlInGaP гетероструктур с периодом из 2-х квантовых ям предложенный лазер с периодом из 3-х квантовых ям позволяет снизить плотность порогового тока за счет увеличения периода структуры.

Полученные результаты можно использовать для проектирования и оптимизации квантово-каскадных лазеров ТГц диапазона.

По результатам работы опубликована статья в материалах XIV Международной научно-технической конференции «Квантовая электроника» (Минск, 21–23 ноября 2023 г.).

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 42 старонкі, 22 малюнка, 3 табліцы, 21 крыніца.

Ключавыя словы: КВАНТАВА-КАСКАДНЫ ЛАЗЕР, ГЕТАРА-СТРУКТУРА $\text{InGaP}/\text{AlInGaP}$, ТЭРАГЕРЦАВЫ ДЫЯПАЗОН, ТЭМПЕРАТУРНЫЯ І МАГУТНАСНЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ.

Аб'ект даследавання: квантава-каскадныя лазеры на аснове InGaP / AlInGaP гетэраструктур.

Мэта працы: аптымізацыя квантава-каскаднай гетэраструктуры з перыядам з 3-х квантавых ям, якая генеруе на частаце 7 ТГц, і ўсталяванне заканамернасцяў яе тэмпературных і магутнасных характэрыстык.

У працы праведзены літаратурны агляд і выканана колькаснае мадэляванне квантава-каскадных лазераў на аснове $\text{InGaP}/\text{AlInGaP}$ гетэраструктур.

Прапанаваны дызайн квантава-каскаднага лазера з перыядам з 3-х квантавых ям, які выпраменьвае на частаце 7 ТГц. Разлічанае максімальнае ўзмацненне на частаце 7 ТГц пры тэмпературы 75 К склала каля 125 гл^{-1} , шчыльнасць току ў парозе генерацыі – каля 500 А/см^2 , максімальная працоўная тэмпература лазера – 97 К. У параўнанні з квантава-каскаднымі лазерамі на аснове $\text{InGaP}/\text{AlInGa}$ гетэраструктур з перыядам з 2-х квантавых ям прапанаваны лазер з перыядам з 3-х квантавых ям дазваляе зменшыць шчыльнасць парогавага току за рахунак павелічэння перыяду структуры.

Атрыманыя вынікі можна выкарыстоўваць для праектавання і аптымізацыі квантава-каскадных лазераў ТГц дыяпазону.

Па выніках працы апублікаваны артыкул у матэрыялах XIV міжнароднай навукова-тэхнічнай канферэнцыі “Квантавая электроніка” (Мінск, 21–23 лістапада 2023 г.).

ABSTRACT

Diploma thesis: 42 pages, 22 figures, 3 tables, 21 sources.

Keywords: QUANTUM CASCADE LASER, INGAP/ALINGAP HETEROSTRUCTURE, TERAHERZ RANGE, TEMPERATURE AND POWER CHARACTERISTICS.

The object of the study is quantum cascade lasers based on InGaP/AlInGaP heterostructures.

The purpose of this work is to optimize a quantum-cascade heterostructure with a period of 3 quantum wells, generating at a frequency of 7 THz, and to establish the patterns of its temperature and power characteristics.

The work carried out a literature review and performed numerical modeling of quantum cascade lasers based on InGaP/AlInGaP heterostructures.

A design has been proposed for a quantum cascade laser with a period of 3 quantum wells, emitting at a frequency of 7 THz. The calculated maximum gain at a frequency of 7 THz at a temperature of 75 K was about 125 cm^{-1} , the current density at the lasing threshold was about 500 A/cm^2 , and the maximum operating temperature of the laser was 97 K. Compared with quantum cascade lasers based on InGaP/AlInGaP heterostructures with a period of 2 quantum wells, the proposed laser with a period of 3 quantum wells makes it possible to reduce the threshold current density by increasing the period of the structure.

The results obtained can be used for the design and optimization of quantum cascade lasers in the THz range.

Based on the results of the work, an article was published in the proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference “Quantum Electronics” (Minsk, November 21–23, 2023).