

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 ВО ВНЕШНЕМ
МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Дуньчик Алёна Игоревна

Научный руководитель – профессор Афоненко А.А.

Минск, 2024

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 53 страницы, 24 иллюстрации, 1 таблица, 47 источников.

Ключевые слова: КВАНТОВО-КАСКАДНЫЙ ЛАЗЕР, ТЕРАГЕРЦЕВЫЙ ДИАПАЗОН, ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ, МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, УРОВНИ ЛАНДАУ, ВЕРОЯТНОСТЬ РАССЕЯНИЯ НА ПРИМЕСЯХ.

Объект исследования: квантово-каскадный лазер терагерцевого диапазона.

Предмет исследования: матричный элемент кулоновского взаимодействия и мощностные характеристики квантово-каскадных лазеров в магнитном поле.

В работе проведено исследование квантово-каскадного лазера терагерцевого диапазона во внешнем магнитном поле. Выполнено моделирование квадрата волновых функций, рассчитаны матричные элементы рассеяния электронов на заряженных примесях. Представлена аппроксимация для усреднённого квадрата матричных элементов и найдено хорошее соответствие результатов численного интегрирования и расчётов по приближённым формулам.

Предложенная аппроксимация усреднённого квадрата матричных элементов позволила снизить время расчёта вероятности рассеяния на несколько порядков и провести расчёты выходных характеристик квантово-каскадных лазеров в магнитном поле.

Проведенные численные расчёты подтверждают экспериментально наблюдаемые при изменении магнитного поля осцилляции выходной мощности лазера, связанные с совмещениями уровней Ландау верхнего и нижнего лазерных уровней.

Полученные результаты можно использовать для проектирования и оптимизации квантово-каскадных лазеров во внешнем магнитном поле.

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

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 53 старонкі, 24 ілюстрацыі, 1 табліца, 47 крыніц.

Ключавыя словы: КВАНТАВА-КАСКАДНЫ ЛАЗЕР, ТЭРАГЕРЦАВЫ ДЫЯПАЗОН, ХВАЛЕВАЯ ФУНКЦЫЯ, МАГНІТНАЕ ПОЛЕ, УЗРОЎНІ ЛАНДАУ, ВЕРАГОДНАСЦЬ РАССЕЙВАННЯ НА ПРЫМЕСЯХ.

Аб'ект даследавання: квантава-каскадны лазер терагерцавага дыяпазону.

Прадмет даследавання: матрычны элемент кулонаўскага ўзаемадзеяння і магутнасныя характарыстыкі квантава-каскадных лазераў ў магнітным полі.

У працы праведзена даследаванне квантава-каскаднага лазера терагерцавага дыяпазону ў знешнім магнітным полі. Выканана мадэляванне квадрата хвалевай функцыі, разлічаны матрычныя элементы рассявання электронаў на зараджаных прымесах. Прадстаўлена апраксімацыя для ўсярэдненага квадрата матрычных элементаў і знойдзена добрае адпаведнасць вынікаў колькаснага інтэгравання і разлікаў па набліжаным формулах.

Прапанаваная апраксімацыя ўсярэдненага квадрата матрычных элементаў дазволіла знізіць час разліку верагоднасці рассявання на некалькі парадкаў і правесці разлікі выхадных характарыстык квантава-каскадных лазераў у магнітным полі.

Праведзеныя лікавыя разлікі пацвярджаюць эксперыментальна назіраныя пры змене магнітнага поля асцыляцыі выхадной магутнасці лазера, звязаныя з сумяшчэннямі узроўняў Ландау верхняга і ніжняга лазерных узроўняў.

Атрыманыя вынікі можна выкарыстоўваць для праектавання і аптымізацыі квантава-каскадных лазераў ў знешнім магнітным полі.

Па выніках працы апублікаваны артыкул у матэрыялах XIV Міжнароднай навукова-тэхнічнай канферэнцыі «Квантавая электроніка» (Мінск, 21-23 лістапада 2023 г.).

ABSTRACT

Diploma thesis: 53 pages, 24 illustrations, 1 table, 47 sources.

Keywords: QUANTUM CASCADE LASER, TERAHERTZ RANGE, WAVE FUNCTION, MAGNETIC FIELD, LANDAU LEVELS, PROBABILITY OF SCATTERING BY IMPURITIES.

The object of research: a terahertz quantum cascade laser.

The subject of research: the matrix element of the Coulomb interaction and the power characteristics of quantum cascade lasers in a magnetic field.

The study of a terahertz quantum cascade laser in an external magnetic field is carried out. The simulation of the square of wave functions is performed, the matrix elements of electron scattering on charged impurities are calculated. An approximation for the averaged square of matrix elements is presented and a good agreement is found between the results of numerical integration and calculations using approximate formulas.

The proposed approximation of the averaged square of matrix elements made it possible to reduce the calculation time of the scattering probability by several orders of magnitude and to calculate the output characteristics of quantum cascade lasers in a magnetic field.

The numerical calculations carried out confirm the experimentally observed oscillations of the laser output power associated with the combination of the Landau levels of the upper and lower laser levels when the magnetic field changes. The results obtained can be used to design and optimize quantum cascade lasers in an external magnetic field.

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