

УДК 537.9

DOI: 10.17223/00213411/63/3/88

Е.Р. БУРМИСТРОВ, М.М. АФАНАСОВА

РАССЕЯНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА НА ИОНАХ ПРИМЕСИ В ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ InAs/AlSb

Исследуется механизм рассеяния носителей заряда на ионизированных атомах примеси в гетероструктуре InAs/AlSb с двумя заполненными подзонами размерного квантования. Цель статьи – разработка теории, которая в полной мере описывает квантово-механические процессы в изучаемой структуре. Проведённый расчёт в рамках предлагаемого алгоритма транспортного времени показал, что разработанная теория с высокой точностью описывает механизм рассеяния двумерных носителей на ионах донорной примеси в активном слое InAs. Установлено, что время жизни, ограничивающее подвижность двумерных носителей, при рассеянии на ионах примеси порядка 10^{-12} с.

Ключевые слова: квантовая яма, рассеяние на атомах примеси, гетероструктура, транспортное время, дислокация ионов донорной примеси, упругое рассеяние.

Введение

В ранних работах [1, 2] исследовалось квантовое время релаксации при таких доминирующих механизмах рассеяния носителей двумерного электронного газа (ДЭГ) в гетероструктуре InAs/AlSb, как рассеяние на шероховатостях гетерограницы, а также электрон-электронное рассеяние. Основное внимание уделялось квантовому времени межподзонной релаксации электронов. Был сделан вывод, что уширение уровней Ландау является причиной ограничения осцилляций Шубникова – де Гааза и позволяет определить малоугловое рассеяние двумерных носителей.

Основную постановку задачи о рассеянии носителей заряда на ионах примеси в квантовом пределе осуществили Стерн и Ховард в [3, 4]. В ходе работы авторы установили, что атомы примеси создают энергетические уровни размерного квантования вблизи границ разрешённых зон в пределах запрещённой зоны. Поэтому атомы примеси легко переходят в ионизированное состояние и при низких температурах являются основным источником возмущения в гетероструктуре InAs/AlSb.

Проведённый в рамках исследования квантово-механический расчёт потенциалов рассеяния и матриц плотностей позволил разработать теоретическую модель и получить качественные результаты.

Объектом теоретического исследования является гетероструктура InAs/AlSb с двумя заполненными подзонами размерного квантования. Это даёт возможность оценить транспортное время для каждой из энергетических подзон.

На основании аналитических исследований и гипотез, изложенных в работе [3], создана теория, с помощью которой удалось описать поведение двумерных носителей и дать численную оценку квантово-механическим явлениям в гетероструктуре InAs/AlSb с одной и двумя заполненными подзонами. В работе предложен новый теоретический метод расчёта времени релаксации. В ходе проведенного исследования установлено, что метод позволяет вносить в свою структуру изменения, связанные с условиями постановки задачи. С учётом данной особенности предложенный метод расчёта времени релаксации является универсальным и может служить для описания процессов переноса в квантовых ямах (КЯ) с более сложной формой потенциального рельефа. Предполагается, что разработанная теория может быть использована для исследования процессов переноса двумерных носителей в КЯ с несимметричным распределением вероятности волновых функций.

Теоретическая модель

Изучаемые структуры были выращены методами молекулярно-лучевой эпитаксии [5]. В легированных образцах электроны в КЯ InAs поставлялись из двух δ -слоев теллура (Te), расположенных на расстоянии 15 нм от гетерограницы InAs/AlSb. Зонная диаграмма гетероструктуры AlSb(δ -Te)/InAs/AlSb(δ -Te) представлена на рис. 1.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>