Поглощение света свободными носителями заряда в напряженных сверхрешетках InAs/GaSb

Павлов Н.В.^{1,2}, Зегря Г.Г.¹

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 24

² СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

DOI 10.34077/Semicond2019-172

Сверхрешетки InAs/GaSb являются одними из наиболее перспективных материалов для создания оптоэлектронных приборов среднего и дальнего инфракрасного диапазона, ввиду возможности получения широкого диапазона длин волн, соответствующих максимуму излучения или поглощения света. Для разработки новых вариантов конструкции устройств с применением напряженных сверхрешеток InAs/GaSb требуется подробная теория микроскопических процессов в данных гетероструктурах. Также актуальной задачей является подробное теоретическое описание процесса поглощения излучения свободными носителями заряда с учетом упругих напряжений и несферичности энергетического спектра. Ранее авторами была решена подобная задача для гетероструктур с напряженными квантовыми ямами GaAs/InGaAs [1].

В настоящей работе произведен анализ процессов межзонного и внутризонного поглощения света свободными электронами и дырками в рамках восьмизонной модели Кейна. Выведена и решена система кейновских уравнений с учетом упругих напряжений и несферичности kP-гамилтониана, получены аналитические выражения для энергетических спектров и волновых функций носителей заряда, с помощью метода Бастарда [2], получены дисперсионные соотношения для подзон размерного квантования. Показано, что учет несферичности и упругих напряжений приводит к незначительному уменьшению энергии дна минизоны в зоне проводимости и к увеличению энергии потолка минизон в валентной зоне.

Получены аналитические выражения для матричных элементов оптических переходов. Показано, что подмешивание состояний легких дырок к состояниям тяжелых дырок не оказывает значительного влияния на величину матричного элемента для значений периода сверхрешетки от 2 до 10 нм.

Получена зависимость коэффициента межзонного поглощения от частоты оптического перехода. Показано, что учет несферичности и упругих напряжений приводит к незначительному увеличению коэффициента межзонного поглощения.

Выполнен микроскопический расчет коэффициента поглощения света тяжелыми дырками с переходом в спектр локализованных и делокализованных состояний со-дырок. Показано, что учет несферичности и упругих напряжений также приводит к незначительному увеличению коэффициента поглощения для данного процесса.

Таким образом, в работе на основе восьмизонной модели Кейна построена микроскопическая теория процессов межзонного и межподзонного поглощения света в напряженных сверхрешетках InAs/GaSb с учетом несферичности энергетических спектров носителей заряда. Результаты работы могут быть использованы при проектировании оптоэлектронных приборов на основе напряженных сверхрешеток II-типа.

[1] Н.В. Павлов, Г.Г. Зегря, ПЖТФ, **45**, 9 (2019).

[2] G.Bastard, *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*, Wiley, New York (1990).