

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ

В.Н. Давыдов, О.Ф. Задорожный

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

Исходя из топологии гетероструктуры с квантовыми ямами, предложена ее эквивалентная схема в виде последовательного соединения параллельных RC -цепей, описывающих электрофизические свойства барьерных слоев, квантовых ям. Схема учитывает свойства процесса поставки носителей к ямам, захват ими носителей заряда, их излучательную рекомбинацию, а также сквозной ток через гетероструктуру. Получены выражения для нахождения емкости и сопротивления последовательной RC -схемы замещения, а также выражения для вычисления активных и реактивных элементов эквивалентной схемы.

Ключевые слова: гетероструктура, квантовая яма, эквивалентная схема, захват, эмиссия.

Введение

В настоящее время полупроводниковые гетероструктуры (ГС) с квантовыми ямами (КЯ) широко используются в различных областях электронного приборостроения, а также светотехники [1–5]. Для диагностики таких приборов используются методы, направленные на исследование как электрических, так и структурных свойств ГС.

Одним из распространенных методов анализа ГС с КЯ является метод эквивалентных схем (ЭС), основанный на представлении исследуемой структуры схемой замещения в виде RC -цепи. Введение ЭС позволяет анализировать физические свойства прибора на основе классической теории RC -цепей [6]. Данный метод широко использовался при разработке приборов на основе объемных полупроводников, а также свойств гетероструктур «металл – диэлектрик – полупроводник» [7–16]. Его преимуществом является упрощение анализа процессов, протекающих в полупроводнике: вместо рассмотрения сложных физических процессов протекания электронов в полупроводнике рассматриваются токопротекание и перезарядка эквивалентной этим процессам RC -цепи [14–17]. Параметры цепи вычисляются из расчета физических параметров и свойств исследуемого объекта, так что его дисперсионные и инерционные свойства аналогичны активным и реактивным свойствам ЭС [18–20].

Один из первых подходов к составлению ЭС ГС с КЯ предпринят в работах [21, 22]. Предложенная в них авторами ЭС была упрощена за счет объединения процессов диффузии носителей заряда к КЯ и захвата/выброса носителей заряда ямой. Также для упрощения сквозной ток через гетероструктуру (не участвующий в заполнении КЯ) считался пренебрежимо малым по сравнению с током, текущим через КЯ, тогда как в реальных ГС он может составлять до половины тока. Тем не менее экспериментальные частотные зависимости эквивалентной емкости и эквивалентного сопротивления, а также вольтфарадные и вольтсименсные характеристики гетероструктур с КЯ с результатами расчета совпадают.

Однако для установления соответствия структуры ЭС топологии ГС и корректного учета схемой процессов в ГС, а также исключения количественных ошибок при оценке параметров ГС, где параллельная ЭС может дать неточный результат из-за неучтенных в схеме сквозного тока и процесса захвата/эмиссии носителей заряда квантовыми ямами, вклады от которых оказались включенными в значения других элементов ЭС, необходима доработка ЭС.

Цель данной работы – составление последовательно-параллельной ЭС гетероструктуры с КЯ, в которой корректно учтены захват носителей заряда ямой, сквозной ток через структуру, а также последовательность расположения слоев в ГС, их резистивные и емкостные свойства.

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>