

УДК 537.311.33

А.Ю.Серов (4 курс, каф. ФТТ), Г.Г. Зегря, проф. ФТИ

## ТУННЕЛЬНЫЙ ТОК ЧЕРЕЗ ГЕТЕРОСТРУКТУРУ С ДВУМЯ БАРЬЕРАМИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Структуры с нелинейной вольт-амперной характеристикой используются для создания различных приборов и устройств. Особый интерес в настоящее время представляют полупроводниковые гетероструктуры с двумя гетеробарьерами, разделенными квантовой ямой. Вольт-амперная характеристика таких гетероструктур является сильно нелинейной ( $Z$ -образной) и зависит от вида спектра носителей в квантовой яме [1].

Целью данной работы является рассмотрение процесса туннелирования через гетероструктуру с двумя барьерами (РТС) в магнитном поле, направленном параллельно гетерограницам (перпендикулярно току), и в магнитном поле, перпендикулярном гетерограницам. Для расчета вольт-амперной характеристики будем предполагать ситуацию стационарной - ток из эмиттера в яму равен току из ямы в эмиттер.

Ток из эмиттера в яму пропорционален плотности состояний в яме и выражается с помощью туннельного матричного элемента [2, 3]:

$$J_{ew} = e \sum_k \frac{2\pi}{\hbar} |T_{we}|^2 A_w(E) f(E) (1 - f_w(E))$$

Здесь  $T_{we}$  - матричный элемент туннелирования,  $A_w$  - плотность состояний в яме.  $f$  - статистическая функция распределения. Суммирование проводится по электронам в эмиттере. Ток зависит от концентрации электронов в яме, т.к. потенциал экранируется этими электронами. От формы потенциала зависит матричный элемент туннелирования и положения уровня энергии в яме. Для нахождения матричного элемента туннелирования используются стационарные волновые функции электронов в яме и эмиттере [2, 3].

В случае магнитного поля, параллельного току, задача о туннелировании – одномерная задача в потенциале двух барьеров. Для магнитного поля, перпендикулярного току задача также одномерная, но к потенциалу барьеров добавляется магнитная осцилляторная часть. Также особенностью данного случая является то, что эффективный потенциал зависит от компоненты импульса электрона, как от центра магнитного осциллятора.

Ток из ямы в коллектор

$$J_{wc} = \frac{e}{\hbar} \Gamma_r n,$$

$\Gamma_r$  - характеризует вероятность туннелирования из ямы через второй барьер,  $n$  - концентрация электронов в яме.

Для нахождения вольт-амперной характеристики надо, при фиксированных значениях приложенного напряжения, решать уравнение  $J_{ew}(n) = J_{wc}(n)$ .

*Выводы.* Получена вольт-амперная характеристика РТС при разных значениях магнитного поля. В случае магнитного поля, направленного вдоль тока, форма вольт-амперной характеристики существенно не меняется, появляются ступеньки, отвечающие уровням Ландау, при этом  $Z$ -образность сохраняется. В магнитном поле, перпендикулярном току форма вольт-амперной характеристики сильно меняется. Начиная с некоторого значения поля,  $Z$ -образность не наблюдается.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. V.J.Goldman, D.C.Tsui Phys.Rev.Let. 58, 1256 (1987)

2. J.Bardeen Phys.Rev.Let. 6, 57 (1961)
3. E.Kane Journ. Appl. Phys., 32 83(1961)