

УДК 541.123:54621

DOI: 10.17223/00213411/63/4/8

*Р.Я. РАСУЛОВ<sup>1</sup>, В.Р. РАСУЛОВ<sup>1</sup>, Н.З. МАМАДАЛИЕВА<sup>2</sup>, Р.Р. СУЛТАНОВ<sup>2</sup>*

### **ПОДБАРЬЕРНЫЙ И НАДБАРЬЕРНЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТРУКТУРЫ\***

Рассчитаны коэффициенты прозрачности полупроводниковой структуры, состоящей из чередующихся асимметричных потенциальных барьеров и ям, где учтено условие Бастарда. Показано, что в структуре наблюдается осцилляция коэффициента прохождения электронов в зависимости от их энергии, которая обусловлена интерференцией волн де Бройля, идущих к барьеру и отраженных от потенциального барьера. Проанализированы электронные состояния многослойной полупроводниковой структуры, состоящей из чередующихся потенциальных ям и барьеров.

*Ключевые слова:* полупроводник, многослойная структура, барьер, яма, электрон, коэффициент прозрачности.

Прогресс современной микроэлектроники в значительной степени определяется изучением свойств систем с неоднородно распределёнными параметрами, развитием методов эффективного теоретического анализа таких систем, разработкой и обеспечением объективными методами контроля технологических процессов, позволяющих создавать полупроводниковые слои с заданными свойствами [1–4]. В данной работе рассмотрим общие вопросы распространения электронных волн в среде, свойства которой меняются только вдоль определенного направления. Подход основан на использовании одноэлектронного стационарного уравнения Шредингера для описания процессов упругого рассеяния и туннелирования невзаимодействующих бесспиновых частиц при условии сохранения их полной энергии.

Исследование электронных свойств как симметричных, так и асимметричных относительно геометрических размеров слоев полупроводниковой структуры является актуальным в связи с применением этих структур в микро- или наноэлектронике и в других областях физики твердого тела [1–6]. В работах [7–17] вычислены величины динамической проводимости  $\sigma(\omega)$  или же тока  $j(\omega)$  отклика системы на внешнее воздействие в полупроводниковой многослойной структуре. Теория создавалась на базе разных моделей с использованием различных математических способов решения полного уравнения Шредингера для системы электронов, взаимодействующих с электромагнитным полем в структуре с  $\delta$ -образным потенциальным барьером. В этих работах задача решена без учета условия Бастарда [5], т.е. не учтены разность эффективных масс носителей тока в соседних слоях структуры.

В настоящее время молекулярно-лучевая эпитаксия и другие методы современной технологии дают возможность получать полупроводниковые слои с произвольным профилем изменения состава (структуры с квантовой ямой) для улучшения характеристик приборов, полученных на их основе [2, 4]. В этом случае задача об электронных состояниях сводится к задаче о поведении частицы в прямоугольных потенциальных ямах, где между двумя соседними имеется потенциальная яма, описываемая соотношением (рис. 1)

$$U(x) = \begin{cases} U_j & \text{при } x < x_j, \\ U_{j+1} & \text{при } x_{j+1} < x < x_{j+2}, \\ U_{j+2} & \text{при } x_{j+2} < x < x_{j+3}, \\ U_{j+3} & \text{при } x_{j+3} < x < x_{j+4}, \\ U_{j+4} & \text{при } x > x_{j+4} \dots \end{cases} \quad (1)$$

Далее отметим, что для создания нового поколения резонансно-туннельных диодов, гетеролазеров с разделенным электронным и оптическим ограничением применяются структуры с прямоугольными размерно-квантованными ямами, в центре которых имеется дополнительный энергетический барьер.

\* Данная работа частично финансирована грантом ОТ-Ф2-66.

Уважаемые читатели!

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

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