

## СТАТИСТИКА ЭЛЕКТРОНОВ И ДЫРОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

### § 1. Введение

В предыдущих главах были рассмотрены различные возможные квантовые состояния электронов в кристалле, т. е. различные типы стационарных движений электронов. В состоянии термодинамического равновесия для данного образца кристалла при заданной температуре существует определенное распределение электронов по различным квантовым состояниям. В результате в кристалле устанавливается определенная концентрация свободных электронов  $n$  в зоне проводимости и концентрация свободных дырок  $p$  в дырочной зоне. Кроме того, в кристалле, содержащем локальные уровни энергии (примесные атомы и структурные дефекты), могут быть еще отрицательно заряженные акцепторы, на которых в каждой единице объема находится некоторое количество связанных электронов  $n_i$ , и положительно заряженные доноры, содержащие некоторую концентрацию связанных дырок  $p_i$ .

Вычисление этих концентраций подвижных и связанных носителей заряда составляет основную задачу статистики электронов и дырок в кристаллах.

Решение указанной задачи необходимо для понимания многих электрических и оптических явлений в полупроводниках. В частности, оно позволяет выяснить зависимость основных электрических свойств полупроводника (электропроводности, подвижности и др.) от количества и состава примесей, и от температуры. И, наоборот, анализируя с помощью теоретических соотношений статистики экспериментальные данные о температурной зависимости концентраций электронов и дырок, оказывается возможным найти энергетические уровни, создаваемые примесными атомами и структурными дефектами, а также их концентрации.

Рассматриваемая задача распадается на две части: чисто квантовомеханическую — нахождение числа возможных квантовых состояний электронов и статистическую — определение фактического распределения электронов по этим квантовым состояниям при термодинамическом равновесии.