

§4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКЕ

Величина удельного сопротивления полупроводников, являющегося промежуточным между удельными сопротивлениями проводников и диэлектриков, определяется механизмом образования свободных зарядов — носителей электрического тока. В качестве примера рассмотрим кристалл кремния, атомы которого имеют на внешней оболочке по четыре электрона. При низких температурах электроны прочно связаны в атомах, свободных электронов нет, кремний практически не проводит электрический ток. При нагревании кристалла или под действием внешнего электрического поля возникает разрыв связей некоторых электронов с ионами кристаллической решетки ①. Движение этих свободных электронов под действием внешнего электрического поля определяет **электронную проводимость полупроводника**.

С другой стороны электронейтральный атом, потерявший электрон, заряжается положительно ②. В электронной оболочке образуется вакансия, или

дырка — вакантное электронное состояние в кристаллической решетке, и имеющее избыточный положительный заряд.

Дырку в электронной оболочке атома может заполнить электрон соседнего атома. При этом на его прежнем месте образуется новая дырка, которая затем может аналогично перемещаться по кристаллу. Движение валентных электронов между электронными оболочками соседних атомов на вакантные места (дырки) под действием внешнего электрического поля определяет **дырочную проводимость полупроводника**.

Зависимость удельного сопротивления полупроводника от температуры принципиально другая, чем у проводников.

Удельное сопротивление полупроводников уменьшается при увеличении температуры.

С увеличением температуры возрастает число свободных зарядов (электронов и дырок), создающих электрический ток, и соответственно уменьшается сопротивление полупроводника. Собственная проводимость (электронная и дырочная) чистого полупроводника без примесей обычно невелика, так как мало число свободных зарядов. **Примеси в полупроводнике** — атомы посторонних химических элементов, содержащиеся в основном полупроводнике. **Примесная проводимость** — проводимость полупроводников, обусловленная внесением в их кристаллические решетки примесей. Дозированное введение в чистый полупроводник примесей позволяет целенаправленно изменять число носителей заряда, их знак, проводимость полупроводника.

Если валентность атома примеси больше валентности атома основного полупроводника, говорят о донорной примеси ③, а если меньше — об акцепторной ④.

Пример донорной примеси — пятивалентные атомы As в четырехвалентном Ge. Пятый валентный электрон атома As слабее связан с атомом и под действием внешнего электрического поля легко отрывается от атома, становясь свободным. Полупроводник с донорной примесью — **полупроводник n-типа** (от лат. negativus — отрицательный). Примером акцепторной примеси в Ge являются трехвалентные атомы галлия Ga. Недостающую валентную связь (дырку) может заполнить валентный электрон соседнего атома, у которого в результате возникает дырка. Такой **полупроводник** — **p-типа** (от лат. positivus — положительный) из-за его дырочной проводимости.