

ГЛАВА VI

ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

§ 34. Полупроводники

Большинство окружающих нас тел — полупроводники. К ним относятся многие минералы, окислы, соединения металлов с серой, селеном и теллуrom (сульфиды, селениды и теллуриды), а также многие органические соединения. К полупроводникам относятся и большинство элементов IV, V и VI групп периодической системы

| Группа | II | III | IV | V | VI | VII | |
|--------|----|-----|----|----|----|-----|--|
| II | Be | B | C | N | O | F | |
| III | | Al | Si | P | S | Cl | |
| IV | | Ca | Ge | As | Se | Br | |
| V | | In | Sn | Sb | Te | J | |
| VI | | | Pb | Bi | Po | At | |

Рис 113 Положение полупроводниковых элементов в периодической системе Менделеева

Менделеева. На рис. 113 показано положение в системе Менделеева элементов, обнаруживающих свойства полупроводников. Слева и снизу от них расположены типичные металлы, а справа и вверху — типичные диэлектрики.

Из числа элементов ярко выраженными полупроводниками являются кремний и германий, широко применяемые в полупроводниковых приборах. Большинство полупроводников — это твердые кристаллические вещества; однако полупроводниковые свойства обнаруживаются и у некоторых жидких и стеклообразных тел.

В полупроводниках прохождение тока не сопровождается никакими химическими изменениями; это свидетельствует о том, что носители тока в них — электроны, а не ионы.

По электропроводности (при комнатных температурах) полупроводники занимают среднее место между металлами и диэлектриками. Металлы имеют удельное сопротивление от 10^{-6} до 10^{-4} ом·см, полупроводники — от 10^{-4} до 10^{11} ом·см, а диэлектрики — от 10^{11} до 10^{18} ом·см.

Характерным общим свойством всех полупроводников является резкое изменение их электропроводности под действием различных

резкое изменение их электропроводности под действием различных

внешних факторов, например температуры, освещения, давления, сильного электрического поля и т. д. Кроме того, электропроводность полупроводников может изменяться в миллионы раз под влиянием ничтожных примесей.

Все это объясняется небольшой (в сравнении с металлами) концентрацией свободных электронов в полупроводниках и ее зависимостью от внешних факторов. Для металлов концентрация свободных электронов имеет порядок $n=10^{22}-10^{23} \text{ см}^{-3}$, а для некоторых полупроводников при комнатной температуре $n=10^{19} \text{ см}^{-3}$, а при 700°C $n=10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Основное отличие полупроводника от металла состоит в том, что в металле уже при абсолютном нуле имеются свободные электроны в концентрации, которая практически не изменяется с повышением температуры, тогда как в полупроводниках, чтобы перевести электроны в свободное состояние, нужно затратить энергию ω (нагреванием или освещением). Чем больше значение энергии ω , тем в меньшей степени зависит электропроводность полупроводника от температуры и других внешних влияний. Очень большие значения энергии ω характерны для изоляторов. Так, например, для чистого германия $\omega=0,75 \text{ эв}$, а для NaCl $\omega=10 \text{ эв}$.

§ 35. Понятие о зонной теории электропроводности

Электроны, которые обеспечивают проводимость твердого тела, называют *электронами зоны проводимости*, причем под словом «зона» понимают совокупность тесно расположенных энергетических уровней. При изложении квантовых законов мы поясним (т. III, § 60) весьма важный и общий принцип, определяющий распределение электронов по возможным энергетическим уровням, так называемый *принцип Паули*. Пока отметим только, что по этому принципу все электроны. принадлежащие к одной системе, имеют различные квантовые состояния.

При равновесии система имеет наименьшую энергию. Но принцип Паули осложняет дело. По принципу Паули пребывание электронов в тождественных, неразличимых друг от друга квантовых состояниях невозможно. Поэтому при достаточном числе электронов все допустимые по квантовым законам энергетические состояния с минимальной энергией («низшие энергетические уровни») оказываются как бы *з а п о л н е н н ы* м и. Поскольку эти состояния с небольшой энергией «заняты» некоторыми электронами, то по принципу Паули, «запрещающему» пребывание электронов в тождественных состояниях, остальным электронам «приходится» занимать еще незанятые уровни с большей энергией.

Когда N одинаковых атомов объединяются в один кристалл, то на энергетическое состояние электронов начинает влиять взаимодействие атомов. В результате этого взаимодействия любое энерге-