Полупроводники — это вещества, удельное сопротивление которых имеет промежуточное значение между удельным сопротивлением металлов (10−6—10−810−6—10−8 Ом⋅мОм⋅м) и удельным сопротивлением диэлектриков (108—1013108—1013 Ом⋅мОм⋅м).

При низких температурах полупроводник ведёт себя как диэлектрик, но по мере повышения температуры его удельное сопротивление быстро уменьшается.

**Строение полупроводника**

Кремний — четырёхвалентный элемент, который является примером полупроводника. Это означает, что во внешней оболочке его атома имеется четыре электрона, сравнительно слабо связанные с ядром. Число ближайших соседей каждого атома кремния также равно четырём:

Взаимодействие пары соседних атомов осуществляется с помощью парноэлектронной связи, называемой ковалентной связью. В образовании этой связи от каждого атома участвует по одному валентному электрону, электроны отделяются от атома, которому они принадлежат (коллективируются кристаллом), и при своём движении большую часть времени проводят в пространстве между соседними атомами. Их отрицательный заряд удерживает положительные ионы кремния друг возле друга.

Не надо думать, что коллективированная пара электронов принадлежит лишь двум атомам. Каждый атом образует четыре связи с соседними, и любой валентный электрон может двигаться по одной из них. Дойдя до соседнего атома, он может перейти к следующему, а затем дальше вдоль всего кристалла. Валентные электроны принадлежат всему кристаллу.

При нагревании кремния кинетическая энергия частиц повышается, и наступает разрыв отдельных связей.

Парноэлектронные связи в кристалле кремния достаточно прочны и при низких температурах не разрываются. Поэтому кремний при низкой температуре не проводит электрический ток. Участвующие в связи атомов валентные электроны являются как бы цементирующим раствором, удерживающим кристаллическую решётку, и внешнее электрическое поле не оказывает заметного влияния на их движение.

**Электронная проводимость**

Электронная проводимость – это проводимость полупроводников, обусловленная наличием у них свободных электронов.

При нагревании кремния как примера полупроводника кинетическая энергия частиц повышается, и наступает разрыв отдельных связей. Некоторые электроны покидают свои «проторённые пути» и становятся свободными. В электрическом поле они перемещаются между узлами решётки, создавая электрический ток. При повышении температуры число разорванных связей, а значит, и свободных электронов увеличивается. Это приводит к уменьшению сопротивления.

**Дырочная проводимость**

Дырочная проводимость – это проводимость, обусловленная движением дырок.

Дырка – это вакантное место с недостающим электроном, которое образуется при разрыве связи между атомами полупроводника.

В дырке имеется избыточный положительный заряд по сравнению с остальными, не разорванными связями.

Положение дырки в кристалле не является неизменным. Непрерывно происходит следующий процесс. Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь парноэлектронную связь, а там, откуда перескочил этот электрон, образуется новая дырка. Таким образом, дырка может перемещаться по всему кристаллу.

Если напряжённость электрического поля в образце равна нулю, то перемещение дырок происходит беспорядочно и поэтому не создаёт электрического тока. При наличии электрического поля возникает упорядоченное перемещение дырок.

Направление движения дырок противоположно направлению движения электронов:

В отсутствие внешнего поля на один свободный электрон (-) приходится одна дырка (+). При наложении поля свободный электрон смещается против напряжённости поля. В этом направлении перемещается также один из связанных электронов. Это выглядит как перемещение дырки в направлении поля.

Таким образом, в полупроводниках имеются носители заряда двух типов: электроны и дырки.

Собственная проводимость – это проводимость чистых полупроводников.

**Примесная проводимость**

Примесная проводимость – это проводимость проводников, обусловленная внесением в их кристаллические решётки примесей (атомов посторонних химических элементов).

Донорные примеси – это примеси, легко отдающие электроны и, следовательно, увеличивающие число свободных электронов. Примером донорской примеси является мышьяк по отношению к кремнию.

Полупроводники n-типа – это проводники, имеющие донорные примеси и потому обладающие большим числом электронов (по сравнению с числом дырок).

В полупроводнике n-типа электроны являются основными носителями заряда, а дырки — неосновными.

Акцепторные примеси – это примеси в полупроводнике, создающие дополнительную концентрацию дырок.

Полупроводники p-типа – это полупроводники с преобладанием дырочной проводимости над электронной.

Основными носителями заряда в полупроводнике p-типа являются дырки, а неосновными — электроны.