Контакт двух полупроводников с разным типом проводимости называют р-n- или n-р-переходом.

В левой части много свободных электронов, а в правой их концентрация очень мала. В правой части, наоборот, много дырок, т. е. вакантных мест для электронов (электроны на рисунке изображены голубыми кружочками, а дырки – серыми). Как только полупроводники приводят в контакт, начинается диффузия электронов из области с проводимостью n-типа в область с проводимостью p-типа и соответственно переход дырок в обратном направлении. Перешедшие в полупроводник p-типа электроны занимают свободные места, происходит процесс рекомбинации электронов и дырок, а попавшие в полупроводник n-типа дырки также исчезают благодаря электронам, занимающим вакантное место. Таким образом, вблизи границы раздела полупроводников с разным типом проводимости возникает слой, обеднённый носителями тока (его называют контактным слоем). Этот слой фактически представляет собой диэлектрик, его сопротивление очень велико. При этом полупроводник n-типа заряжается положительно, а полупроводник р-типа — отрицательно. В зоне контакта возникает стационарное электрическое поле напряжённостью *E*к​, препятствующее дальнейшей диффузии электронов и дырок.

Суммарное сопротивление приведённых в контакт полупроводников складывается из сопротивления полупроводника n-типа, р—n-перехода и полупроводника p-типа:  р*R*=*Rn*​+*Rpn*​+*R*р​. Так как сопротивления областей с n- и p-типами проводимости малы (там много носителей заряда — электронов и дырок), то суммарное сопротивление определяется в основном сопротивлением р—n-перехода:  *R*≈*Rpn*​.

Если включить полупроводник с р—n-переходом в электрическую цепь так, чтобы потенциал полупроводника p-типа был положительным, а n-типа — отрицательным, то напряжённость внешнего поля будет направлена в сторону, противоположную напряжённости контактного слоя.

Модуль суммарной напряжённости *E*=*E*к​−*E*внеш​. Так как поле, удерживающее носители тока, ослабевает, то у электронов уже достаточно энергии, чтобы его преодолеть.

Через переход пойдёт ток, при этом он будет создан основными носителями — из области с n-типом проводимости в область с p-типом проводимости идут электроны, а из области с p-типом в область с n-типом — дырки. В этом случае р—n-переход называется прямым.

Отметим, что электрический ток идёт во всей цепи: от положительного контакта через область p-типа к р—n-переходу, затем через область n-типа к отрицательному контакту:

Проводимость всего образца велика, а сопротивление мало. Чем больше подаваемое на контакт напряжение, тем больше сила тока.

Зависимость силы тока от разности потенциалов — вольт-амперная характеристика прямого перехода — изображена на рисунке сплошной линией:

При прямом переходе сопротивление запирающего слоя мало, и оно также зависит от подаваемого напряжения, с увеличением которого сопротивление уменьшается.

Если изменить полярность подключения батареи, то напряжённости внешнего и контактного полей будут направлены в одну сторону и модуль суммарной напряжённости *E*=*E*к​−*E*внеш​:

Внешнее поле оттягивает электроны и дырки от контактного слоя, в результате чего он расширяется. В связи с этим у электронов уже не хватает энергии для того, чтобы преодолеть этот слой. Теперь переход через контакт осуществляется неосновными носителями, число которых мало.

Сопротивление контактного слоя очень велико. Ток через р—n-переход не идёт. Образуется так называемый запирающий слой. Такой переход называется обратным.

Вольт-амперная характеристика обратного перехода изображена на рисунке штриховой линией:

р—n-Переход по отношению к току оказывается несимметричным: в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше, чем в обратном. Таким образом, р—n-переход можно использовать для выпрямления электрического тока.

Полупроводниковый диод – это устройство, содержащее р—n-переход и способное пропускать ток в одном направлении и не пропускать в противоположном. Схематическое изображение диода приведено на рисунке:

Если на контакты полупроводникового диода подать переменное напряжение, то ток по цепи пойдёт только в одну сторону.

**Транзисторы**

Транзисторы — это приборы, используемые для усиления электрических сигналов, здесь находят применение полупроводники с примесным типом проводимости.

Рассмотрим один из видов транзисторов из германия или кремния с введёнными в них донорными и акцепторными примесями. Распределение примесей таково, что создаётся очень тонкая (толщиной порядка нескольких микрометров) прослойка полупроводника n-типа между двумя слоями полупроводника p-типа. Эту тонкую прослойку называют основанием или базой.

В кристалле образуются два р—n-перехода, прямые направления которых противоположны. Три вывода от областей с различными типами проводимости позволяют включать транзистор в схему, изображённую на рисунке. В данной схеме при подключении батареи Б1 левый р—n-переход является прямым. Левый полупроводник с проводимостью p-типа называют эмиттером. Если бы не было правого р—n-перехода, в цепи эмиттер — база существовал бы ток, зависящий от напряжения источников (батареи Б1 и источника переменного напряжения) и сопротивления цепи, включая малое сопротивление прямого перехода эмиттер — база.

Батарея Б2 включена так, что правый n—р-переход в схеме является обратным. Правая область с проводимостью p-типа называется коллектором. Если бы не было левого р—n-перехода, сила тока в цепи коллектора была бы близка к нулю, так как сопротивление обратного перехода очень велико. При существовании же тока в левом р—n-переходе появляется ток и в цепи коллектора, причём сила тока в коллекторе лишь немного меньше силы тока в эмиттере. Если на эмиттер подано отрицательное напряжение, то левый р—n-переход будет обратным, и ток в цепи эмиттера и в цепи коллектора будет практически отсутствовать.

Это объясняется следующим образом. При создании напряжения между эмиттером и базой основные носители полупроводника p-типа (дырки) проникают в базу, где они являются уже неосновными носителями. Поскольку толщина базы очень мала и число основных носителей (электронов) в ней невелико, попавшие в неё дырки почти не объединяются (не рекомбинируют) с электронами базы и проникают в коллектор за счёт диффузии. Правый р—n-переход закрыт для основных носителей заряда базы — электронов, но не для дырок. В коллекторе дырки увлекаются электрическим полем и замыкают цепь. Сила тока, ответвляющегося в цепь эмиттера из базы, очень мала, так как площадь сечения базы в горизонтальной плоскости много меньше сечения в вертикальной плоскости.

Сила тока в коллекторе, почти равная силе тока в эмиттере, изменяется вместе с током через эмиттер. Сопротивление резистора R мало влияет на ток в коллекторе, и это сопротивление можно сделать достаточно большим. Управляя током эмиттера с помощью источника переменного напряжения, включённого в его цепь, мы получим синхронное изменение напряжения на резисторе R.

При большом сопротивлении резистора изменение напряжения на нём может в десятки тысяч раз превышать изменение напряжения сигнала в цепи эмиттера. Это означает усиление напряжения. Поэтому на нагрузке R можно получить электрические сигналы, мощность которых во много раз превышает мощность, поступающую в цепь эмиттера.