

Тема 2.3 Электрический ток в различных средах (3-занятие).

1. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
2. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод.
3. Транзистор. Применение полупроводниковых приборов.

1. Как известно, вещества делятся на проводники и диэлектрики. По электрическим свойствам между ними лежат полупроводники, которые имеют небольшую электропроводность. Например, германий, кремний, селен и др.

Электрическое сопротивление полупроводников тоже зависит от температуры, но в отличие от проводников, с увеличением температуры сопротивление полупроводников уменьшается.

Рассмотрим, как образуется электропроводность в чистых полупроводниках. Они относятся к элементам четвертой группы таблицы Менделеева и поэтому их атомы имеют четыре валентных электрона. Все четыре валентных электрона участвуют в создании ковалентной связи кристаллической решетки (рис. 1).

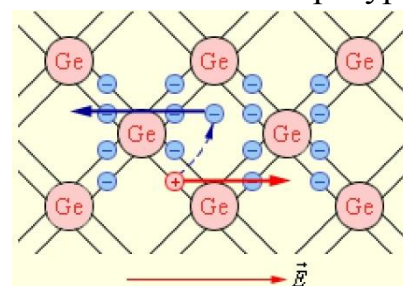


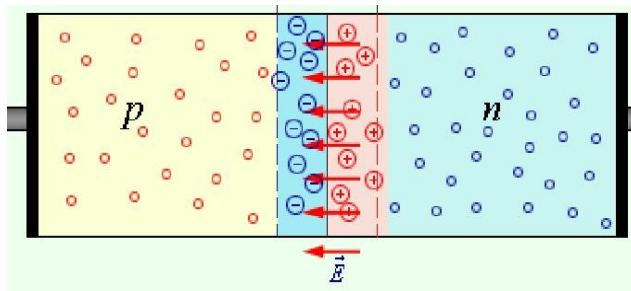
Рис. 1

В обычных условиях некоторые электроны имея большую кинетическую энергию, покидают свою орбиту и становятся свободными. На орбите, где нет электрона образуется избыток положительного заряда. Это пустое место с положительным зарядом, называется *дыркой*. Если полупроводник находится в электрическом поле, то дырки перемещаются по полю, а электроны – против поля, создавая ток (рис. 2). Это называется *собственной проводимостью* полупроводников. Собственная проводимость небольшая и поэтому на практике полупроводник в чистом виде не используется.

Для увеличения электропроводности полупроводников, добавляют небольшую концентрацию элемента индия или мышьяка. Индий (In) элемент из третьей группы и имеет три валентных электрона. При создании ковалентной связи одного электрона не будет хватать и на орбите образуется дырка. В результате на полупроводнике появляются много дырок и большая *дырочная проводимость*. Такой полупроводник называется *проводником p – типа* (от греч. *pozitive* - положительный). Мышьяк (As) элемент из пятой группы и имеет пять валентных электронов. При создании ковалентной связи один электрон становится лишним, т.е. свободным. В результате на полупроводнике появляются много свободных электронов и большая *электронная проводимость*. Такой полупроводник называется *проводником n – типа* (от греч. *negative* - отрицательный). Этих проводимостей полупроводников называют *примесными*.

2. Рассмотрим контакт двух *n*- и *p*-типов проводников (рис. 2). В начале контакта происходит диффузия электронов и дырок. Но диффузия быстро остановится, так как на границе контакта, из-за диффузии, нарушается электрическая нейтральность и образуется электрическое поле, направленное против хода диффузии. Это поле называют *запретным*. Контакт двух типов проводников с запретным полем называют *электронно-дырочным переходом* или

n-p или *p-n* переходом. *p-n* переход имеет вентильное свойство, т.е. проводит ток только в одну сторону. Подключим *p-n* переход к источнику тока. Если



направление внешнего поля совпадает с направлением запретного поля, то переход ток не пропускает (закрыто), так как запретное поля еще больше усиливается. Если наоборот, то запретное поле внешним полем нейтрализуется и переход пропускает ток (открыто).

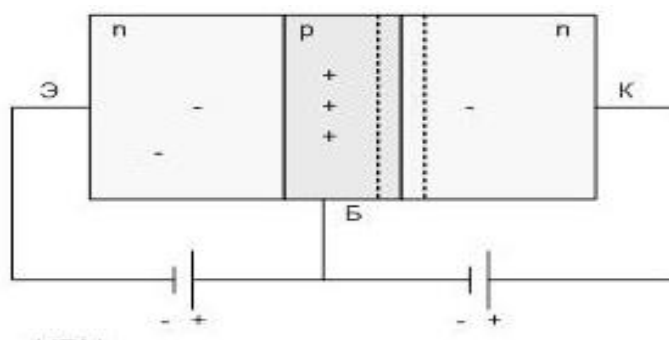
Рис. 2

График зависимости тока *p-n* перехода от приложенного напряжения называется вольтамперной характеристикой. При увеличении напряжения ток увеличивается. Полупроводниковый прибор, имеющий один *p-n* переход и два вывода называется *полупроводниковым диодом*. Полупроводниковые диоды широко применяются на практике и имеют условные обозначения. Например, выпрямительный диод (рис.3).



Рис. 3

3. Полупроводниковый прибор, имеющий два *p-n* перехода и три вывода называется *транзистором*. Рассмотрим принцип действия и схему включения транзистора типа *n-p-n* (рис. 4). Транзистор имеет три области: эмиттер (Э), база (Б) и коллектор (К). Эмиттер



эмитирует (выпускает) заряды, а коллектор принимает заряды. Цепь эмиттер-база включается к источнику тока в прямом направлении, т.е. открыто, а цепь коллектор-база включается к источнику тока в обратном направлении, т.е. закрыто.

Рис. 4

Поэтому, при таком включении, в цепи Э-Б появится эмиттерный ток и много электронов из эмиттера поступают в базу. Но многие электроны не успевают рекомбинироваться с дырками в базе, так как в базе очень мало дырок и по инерции переходят в коллектор, вызывая коллекторный ток. Таким образом, эмиттерный ток управляет коллекторным током. Это свойство транзистора применяется для усиления слабого электрического сигнала за счет энергии источника тока в цепи коллектора. Транзистор условно обозначается так:

