

(«вентильного») действия контакта металла с полупроводником на переменный ток.

Рассмотрим подробнее влияние направления внешнего электрического поля на размеры и сопротивление контактного слоя. Если поле направлено от металла к полупроводнику¹, то электроны в т я г и в а ю т с я из объема полупроводника в контактный слой, что приводит к уменьшению его толщины l и сопротивления. В этом направлении, называемом **пропускным**, ток может проходить через контакт металла с полупроводником. Если же внешнее поле направлено от полупроводника к металлу, то электроны в ы т е с н я ю т с я из двойного слоя в глубь полупроводника, увеличивая толщину запирающего слоя и его сопротивление. В этом направлении контакт металла с полупроводником практически не пропускает тока. Это направление называется **запирающим**. Таким образом, контакт металла с n -полупроводником обладает о д н о с т о р о н н е й проводимостью и выпрямляет переменные токи.

Кроме примера, который мы рассмотрели, возможен случай, когда n -полупроводник имеет большую работу выхода, чем металл ($A_n > A_1$). При этом электроны переходят из металла в полупроводник и сопротивление контактного двойного слоя будет меньше, чем остального объема полупроводника. Контакт металла с таким полупроводником не образует запирающего слоя и не оказывает выпрямляющего действия на переменные токи.

§ 13.7. Понятие о полупроводниковых диодах

1. Рассмотрим явления, которые происходят при соприкосновении двух полупроводников. Наибольший практический интерес представляет контакт двух полупроводников с разными типами примесной проводимости. Этот контакт является основой работы полупроводниковых приборов.

Граница соприкосновения двух полупроводников, один из которых имеет электронную, а другой — дырочную проводимость, называется **электронно-дырочным переходом** (p - n -переход). Он может быть осуществлен в одном и том же кристалле полупроводника, если в нем из соответствующих примесей созданы области различной (n и p) проводимости. Обычно области различной проводимости полупроводника создают либо обработкой однородных монокристаллов, либо при выращивании монокристаллов. Так, если при выращивании монокристалла германия в расплавленный металл вводить необходимые примеси, то получается монокристалл, в котором имеются последовательно расположенные области с различным типом проводимости. В однородном монокристалле германия p - n -переход можно создать при местной термической обработке. Если германий нагреть до 850°C и затем

¹ Это означает, что металл соединен с положительным полюсом источника тока, а полупроводник — с отрицательным.

быстро охладить, то его проводимость будет дырочной. Если тот же самый образец отжечь в течение нескольких часов при 450°C , то он приобретет электронную проводимость. Внесение примесей вызывает в полупроводниках появление проводимости, характер которой можно предсказать заранее. При прохождении через полупроводник тяжелых

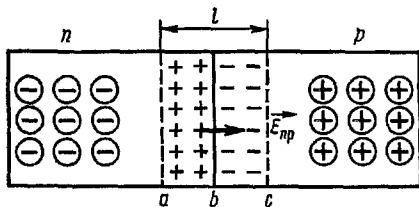


Рис 13.21

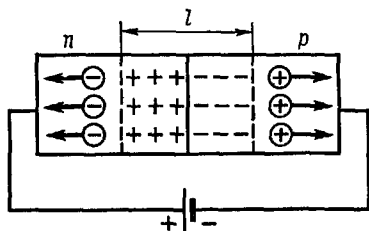


Рис. 13.22

частиц (протонов, нейтронов, α -частиц) возникает искусственная радиоактивность. Конечные продукты радиоактивного распада ведут себя в полупроводнике так же, как примесные атомы.

2. Соприкосновение двух полупроводников с разными типами проводимости в результате перемещения электронов и дырок через поверхность раздела приводит к образованию двойного электрического слоя. Электроны из n -полупроводника переходят в p -полупроводник, дырки же перемещаются в противоположном направлении (рис. 13.21). В области ab n -полупроводника образуется избыточный положительный заряд, в области bc на p -полупроводнике — избыточный отрицательный заряд. Двойной слой, обедненный подвижными носителями заряда, создает контактное электрическое поле с напряженностью E_{np} и некоторой разностью потенциалов на его границах. Это поле препятствует дальнейшему переходу носителей заряда: электронов слева направо и дырок — справа налево. При определенной толщине электронно-дырочного перехода наступает состояние равновесия¹. Толщина l слоя p - n -перехода в практически важных полупроводниках (германий, кремний, теллур) имеет величину от 10^{-4} до 10^{-5} см. Контактная разность потенциалов, представляющая собой потенциальный барьер для подвижных носителей заряда, составляет несколько десятых вольта. Электроны и дырки могут преодолеть такую разность потенциалов лишь при температуре в несколько тысяч градусов. Поэтому электроны и дырки полупроводников при обычных температурах не могут проникнуть в равновесный контактный слой, который является запорным, обладающим повышенным сопротивлением.

3. Рассмотрим влияние внешнего электрического поля на свойства p - n -перехода. Для этого включим контактирующие между собой p - и n -полупроводники в цепь источника электрической энергии. В случае, изображенном на рис. 13.22, внешнее электрическое поле бу-

¹ В этом состоянии происходит выравнивание уровней Ферми в обоих полупроводниках.

дет усиливать поле контактного слоя и приведет к возрастанию потенциального барьера для электронов и дырок, переходящих через контакт. Вместе с тем внешнее поле вызовет движение электронов в n -полупроводнике и дырок в p -полупроводнике в стороны, противоположные от контакта. Это приведет к увеличению толщины запирающего

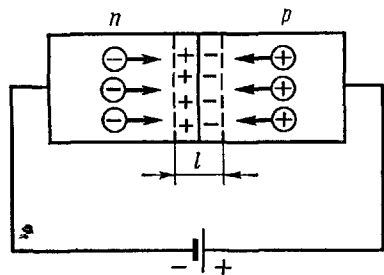


Рис. 13.23

возрастать. Этому способствует встречное движение электронов и дырок, которые перемещаются под действием внешнего поля из глубины полупроводников к границе p - n -перехода (рис. 13.23). Толщина l контактного слоя и его сопротивление при этом уменьшаются. Следовательно, ток может более или менее свободно проходить через p - n -переход в направлении от p -к n -полупроводнику. Это направление принято называть **пропускным**. Таким образом, контакт двух примесных полупроводников с разными знаками носителей заряда обладает **о д н о с т о р о н н е й** проводимостью. Если имеется один электронно-дырочный переход, то действие контакта аналогично выпрямляющему действию двухэлектродной лампы — диода (см. § 22.3). Поэтому полупроводниковое устройство, содержащее один p - n -переход, называется **полупроводниковым диодом**. Более сложные полупроводниковые устройства, включающие два p - n -перехода, так называемые **кристаллические триоды** или **транзисторы**, рассмотрены в § 22.3.

§ 13.8. Термоэлектрические явления в полупроводниках

1. Термоэлектрические явления в металлах используются главным образом в измерительной технике (см. § 10.2). Применение металлических термоэлементов в качестве термоэлектрического генератора, превращающего часть теплоты, сообщаемой горячему спаю, в электрическую энергию, нерентабельно. Физическая причина малости термоэлектрических эффектов в металлах заключается в том, что, как мы уже неоднократно подчеркивали, число носителей заряда в металлах и их энергия практически не зависят от температуры. В полупроводниках же число носителей заряда (электронов и дырок) резко возрастает с повышением температуры, и при этом увеличи-