1.Электрический ток в металлах и полупроводниках.

Пишем конспект.

**Проводники, полупроводники и диэлектрики**

В зависимости от концентрации свободных зарядов тела делятся на проводники, диэлектрики и полупроводники.

Проводники – тела, в которых заряды могут перемещаться по всему объему (свободные заряды), поэтому они проводят электрический ток. В металлах (проводники первого рода) – это электроны. В растворах и расплавах солей, кислот и щелочей (проводники второго рода) – это положительные и отрицательные ионы –катионы, анионы.

Диэлектрики – тела, в которых заряды смещаются на расстояния, не превышающее размеров атома (связанные заряды), поэтому они не проводят электрический ток.

Полупроводники занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Проводят электрический ток при определенных условиях.

Носителями зарядов являются электроны и дырки.

**Классическая теория проводимости металлов**

Металл представляет собой кристаллическую решетку, в узлах которой находятся положительно заряженные ионы, с между ионами существует электронный газ.

Когда в проводнике создается разность потенциалов свободные электроны приходят в упорядоченное движение.

Сначала электроны движутся равноускоренно, но очень скоро электроны перестают ускоряться, сталкиваясь с атомами решетки.

Атомы решетки начинают колебаться всё с большей амплитудой относительно условной точки покоя, и наблюдается термоэлектрический эффект (проводник разогревания).

**Зонная теория твердых тел**

В изолированном атоме энергия электрона может принимать строго дискретные значения, так как электрон может находиться только на одной из орбиталей.

У атомов в молекуле, электронные орбитали расщепляются.

Количество орбиталей пропорционально числу атомов. Это приводит к образованию молекулярных орбиталей.

В макроскопическом кристалла (более 1020 атомов), количество орбиталей становится очень большим, а разница энергий электронов, находящихся на соседних орбиталях становится очень маленькой.

Энергетические уровни расщепляются до практически непрерывных дискретных наборов - энергетических зон.

Наивысшая в полупроводниках и диэлектриках зона, в которой все энергетические состояния заняты электронами, называется валентной зоной, следующая за ней – зоной проводимости.

В металлах зоной проводимости называется наивысшая разрешённая зона, в которой находятся электроны.

Энергетические диаграммы проводников (а), полупроводников (б) и диэлектриков (в) при температуре, близкой к абсолютному нулю.

Энергетические диаграммы диэлектриков, полупроводников и проводников

**Полупроводник** – материал, который по своей удельной проводимости занимает

промежуточное место между проводниками и диэлектриками.

Отличие от проводников - сильная зависимость удельной проводимости от 1) концентрации примесей, 2). температуры и 3). воздействия различных видов излучения.

Полупроводниками являются вещества, ширина запрещённой зоны которых составляет порядка нескольких электрон-вольт (эВ).

Алмаз - широкозонный полупроводник. Арсенид индия — узкозонный полупроводник.

К полупроводникам относятся:

•многие химические элементы (германий, кремний, селен, теллур, мышьяк и другие),

•огромное количество сплавов

•химические соединения (арсенид галлия и др.).

•почти все неорганические вещества.

Самым распространённым в природе полупроводником является кремний,

составляющий почти 30 % земной коры.

**Собственная проводимость полупроводников**

Собственная проводимость – свойство чистых полупроводников.

Под воздействием внешних факторов (температура, облучение, сильное электрическое поле и т.д.) электроны из валентной зоны могут быть переброшены в зону проводимости, что и обуславливает появление электрического тока.

Разрыв валентных связей приводит к образованию свободных мест (дырок), которые может занять любой электрон.

Дырка представляет собой положительный заряд, который движется противоположно электрону, по направлению внешнего поля.

Такая проводимость называется дырочной или p-типа (positive - положительный). Проводимость полупроводников появляется только под воздействием внешних факторов.

При определенной температуре между генерацией электронов и дырок и обратным процессом (рекомбинацией) наступает равновесие, при котором устанавливается определенная концентрация носителей заряда.

**Примесная проводимость полупроводников**

Примесная проводимость обусловлена внесенными в полупроводник примесями мышьяка (V), бора (III) и др.

Проводимость n-типа (negative - отрицательный)

Кремний (IV) + мышьяк (V) - между атомами мышьяка и кремния будет оставаться "лишний" свободный электрон проводимости. При этом образования дырки не произойдет, проводимость обеспечивается только электронами (донорная примесь).

Проводимость p-типа (positive - положительный)

Кремний (IV) + индий (III) - в кристаллической решетке не будет хватать электрона, образуется дырка. В этом случае имеет место дырочная проводимость (акцепторная примесь). Примесная проводимость обусловлена носителями одного знака (или электронами, или дырками).

Примесь бора в кремнии (1/ 105 атомов) уменьшает удельное электрическое

сопротивление кремния 1000 раз.

Примесь индия в германии 1/ (108 - 109 атомов) уменьшает удельное электрическое сопротивление германия в миллионы раз.

**Контактные явления в металлах**

Если два металла привести в соприкосновение, то между ними возникает

разность потенциалов. Если металлы Al, Zn, Sn, Pb, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Ag, Au, Pt, Pd (ряд Вольта) привести в соприкосновение в этой последовательности, то каждый предыдущий при соприкосновении с одним из следующих металлов зарядится

положительно. Контактная разность потенциалов составляет от десятых до целых вольт. Это объясняется тем, что все металлы отличаются друг от друга различной концентрацией электронов. При контакте двух металлов электроны начнут проходить через границу раздела металлов и возникает двойной электрический слой с разностью потенциалов.

**Явление Зеебека** (1821). Если спаи проводников находятся при разных температурах, то в цепи возникает термоэлектродвижущая сила, которая

зависит от разности температур контактов и природы применяемых материалов. Явление Зеебека используется для измерения температуры (термоэлементы, термопары).

**Явление Пельтье** (1834). При прохождении через контакт двух различных проводников электрического тока, в зависимости от его направления, помимо

джоулевой теплоты выделяется или поглощается дополнительная теплота. Явление Пельтье является обратным по отношению к явлению Зеебека.

Явление Пельтье используется в термоэлектрических полупроводниковых холодильниках.

**Контактные явления в полупроводниках**

При контакте двух полупроводников n-типа и p-типа в месте их соприкосновения образуется p-n-переход.

В области p-n-перехода энергетические зоны искривляются, в результате чего возникают потенциальные барьеры как для электронов, так и для дырок.

**Используются для изготовления:**

•диодов (выпрямление и

преобразование переменных токов);

•транзисторов (усиления напряжения и

мощности).

# 2.Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковые приборы

Полупроводники — это вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры, наличием примесей, изменением освещенности. По этим свойствам они разительно отличаются от металлов. Обычно к полупроводникам относятся кристаллы, в которых для освобождения электрона требуется энергия не более 1,5—2 эВ. Типичными полупроводниками являются кристаллы германия и кремния, в которых атомы объединены ковалентной связью. Природа этой связи позволяет объяснить указанные выше характерные свойства. При нагревании полупроводников их атомы ионизируются. Освободившиеся электроны не могут быть захвачены соседними атомами, так как все их валентные связи насыщены. Свободные электроны под действием внешнего электрического поля могут перемещаться в кристалле, создавая электронный ток проводимости. Удаление электрона с внешней оболочки одного из атомов в кристаллической решетке приводит к образованию положительного иона. Этот ион может нейтрализоваться, захватив электрон. Далее, в результате переходов электронов от атомов к положительным ионам происходит процесс хаотического перемещения в кристалле места с недостающим электроном — «дырки». Внешне этот процесс хаотического перемещения воспринимается как перемещение положительного заряда. При помещении кристалла в электрическое поле возникает упорядоченное движение «дырок» — дырочный ток проводимости.

В идеальном кристалле ток создается равным количеством электронов и «дырок». Такой тип проводимости называют собственной проводимостью полупроводников. При повышении температуры (или освещенности) собственная проводимость проводников увеличивается.

На проводимость полупроводников большое влияние оказывают примеси. Примеси бывают донорные и акцепторные. Донорная примесь — это примесь с большей валентностью. При добавлении донорной примеси в полупроводнике образуются липшие электроны. Проводимость станет электронной, а полупроводник называют полупроводником n-типа. Например, для кремния с валентностью n — 4 донорной примесью является мышьяк с валентностью n = 5. Каждый атом примеси мышьяка приведет к образованию одного электрона проводимости.

Акцепторная примесь — это примесь с меньшей валентностью. При добавлении такой примеси в полупроводнике образуется лишнее количество «дырок». Проводимость будет «дырочной», а полупроводник называют полупроводником р-типа. Например, для кремния акцепторной примесью является индий с валентностью п = 3. Каждый атом индия приведет к образованию лишней «дырки».

Принцип действия большинства полупроводниковых приборов основан на свойствах р—n-перехода. При приведении в контакт двух полупроводниковых приборов р-типа и л-типа в месте контакта начинается диффузия электронов из n-области в р-область, а «дырок» — наоборот, из р- в n-область. Этот процесс будет не бесконечным во времени, так как образуется запирающий слой, который будет препятствовать дальнейшей диффузии электронов и «дырок».

р—n-Контакт полупроводников, подобно вакуумному диоду, обладает односторонней проводимостью:

если к р-области подключить «+» источника тока, а к n-области «-» источника тока, то запирающий слой разрушится и р—л-контакт будет проводить ток, электроны из д-области пойдут в р-область, а «дырки» из р-области в n-область (рис. 32).



В первом случае ток не равен нулю, во втором — ток равен нулю. Это означает, что если кр-области подключить «-» источника, а к л-области — «+» источника тока, то запирающий слой расширится и тока не будет. Полупроводниковый диод состоит из контакта

двух полупроводников р- и n-типа  . Полупроводниковые диоды имеют: небольшие размеры и массу, длительный срок службы, высокую механическую прочность, высокий коэффициент полезного действия, их недостатком является зависимость сопротивления от температуры.

В радиоэлектронике применяется также еще один полупроводниковый прибор: транзистор, который был изобретен в 1948 г. В основе триода лежит не один, а два р—л-перехода. Основное применение транзистора — это использование его в качестве усилителя слабых сигналов по току и напряжению, а полупроводниковый диод применяется в качестве выпрямителя тока. После открытия транзистора наступил качественно новый этап развития электроники — микроэлектроники, поднявший на качественно иную ступень развитие электронной техники, систем связи, автоматики. Микроэлектроника занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения. Интегральной микросхемой называют совокупность большого числа взаимосвязанных компонентов — транзисторов, диодов, резисторов, соединительных проводов, изготовленных в едином технологическом процессе. В результате этого процесса на одном кристалле одновременно создается несколько тысяч транзисторов, конденсаторов, резисторов и диодов, до 3500 элементов Размеры отдельных элементов микросхемы могут быть 2—5 мкм, погрешность при их нанесении не должна превышать 0,2 мкм. Микропроцессор современной ЭВМ, размещенный на кристалле кремния размером 6x6 мм, содержит несколько десятков или даже сотен тысяч транзисторов.

Однако в технике применяются также полупроводниковые приборы без р—n-перехода. Например, терморезисторы (для измерения температуры), фоторезисторы (в фотореле, аварийных выключателях, в дистанционных управлениях телевизорами и видеомагнитофонами).