ЛР 1 Контрольные вопросы

**1. Какой электронный прибор называют полупроводниковым диодом?**

**электронный прибор**, изготовленный из **полупроводникового** материала, имеющий два электрических вывода (электрода). В более узком смысле — **полупроводниковый прибор**, во внутренней структуре которого сформирован один p-n-переход.

**2. Какие виды электрических переходов используются в полупроводниковых диодах?**

**Выпрямляющий переход** – электрический переход, электрическое сопротивление которого при одном направлении тока больше, чем при другом.

**Омический переход** – электрический переход, электрическое сопротивление которого не зависит от направления тока в заданном диапазоне значений токов.

**Электронно-дырочный переход (p-n-переход)** – электрический переход между двумя областями полупроводника, одна из которых имеет электропроводность n-типа, а другая p-типа.

**Гетерогенный переход (гетеропереход)** – электрический переход, образованный в результате контакта полупроводников с различной шириной запрещенной зоны.

**Гомогенный переход (гомопереход)** – электрический переход, образованный в результате контакта полупроводников с одинаковой шириной запрещенной зоны.

**Переход Шотки** – электрический переход, образованный в результате контакта между металлом и полупроводником.

**Электронно-электронный переход (n-n+-переход)** – электрический переход между двумя областями полупроводника n-типа, обладающими различными значениями удельной электрической проводимости.

**Дырочно-дырочный переход (p-p+-переход)** – электрический переход между двумя областями полупроводника p-типа, обладающими различными значениями удельной электрической проводимости. Знак «+» условно обозначает область с более высокой удельной электрической проводимостью.

**3. Какие явления происходят в p-n-переходе в состоянии динамического равновесия?**

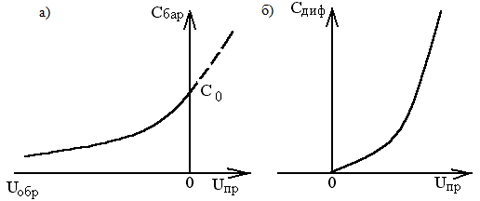
Диффузия основных носителей p- и n-областей в противоположную область приводит к возникновению вблизи границы объемных электрических зарядов – положительного в n-области и отрицательного в p-области. Эти заряды обусловлены появлением нескомпенсированных ионизированных атомов донорной примеси (положительные неподвижные заряды) в n-области и нескомпенсированных ионизированных атомов акцепторной примеси (отрицательные неподвижные заряды) в p-области. Между нескомпенсированными зарядами в n- и p-областях возникает электрическое поле напряженностью E, называемое внутренним, и контактная разность потенциалов. Электрическое поле препятствует дальнейшей диффузии носителей заряда через переход, при этом возникает потенциальный энергетический барьер для основных носителей величиной ∆W = qϕк.

**4. Как необходимо изменить концентрацию легирующих примесей для уменьшения ширины p-n-перехода?**

При возрастании концентрации легирующих примесей ND и NA контактная разность потенциалов возрастает, а ширина p-n-перехода уменьшается.

**5. Нарисуйте график зависимости барьерной емкости p-n-перехода от обратного напряжения а)**

**6. Нарисуйте график зависимости диффузионной емкости p-n-перехода от прямого напряжения б)**



**7. Чем отличается ВАХ реального диода от идеализированной ВАХ при** **прямом и обратном включении?**

Реальные p-n-переходы являются, как правило, несимметричными. При этом концентрация примеси в одной области превышает концентрацию примеси в другой. Область с большей концентрацией называется эмиттером, с меньшей — базой. Меньшая концентрация примесей означает меньшую электропроводность и большее удельное сопротивление. Поэтому в реальных p-n-переходах пренебрегать удельным сопротивлением базы нельзя.

Вторым отличием реального p-n-перехода от идеализированного является наличие в обедненном слое процессов генерации и рекомбинации носителей заряда. Поэтому при обратном включении ток через переход не постоянен, а зависит от приложенного к переходу напряжения.

Третье отличие заключается в присутствии явления пробоя при обратном включении p-n-перехода.

В идеальном диоде нет собственного сопротивления p и n слоев.   
Отсюда при прямом напряжении в реальном диоде ток меньше (ВАХ идет правее идеального).   
При обратном напряжении ток реального диода увеличивается при возрастании напряжения, а в идеальном диоде он равен константе - току неосновных носителей.   
И еще, насколько я помню, в идеальном диоде нет участка пробоя - можно прикладывать сколь угодно высокое обратное напряжение.

**8. Как влияет изменение температуры на ВАХ диода?**

С ростом температуры ток I0 возрастает по экспоненциальному закону. С ростом температуры растет прямой ток диода при фиксированном напряжении Uпр или уменьшается падение напряжения на диоде при фиксированном прямом токе Iпр.

При увеличении **температуры** уменьшается контактная разность потенциалов, энергия основных носителей заряда возрастает, соответственно растет диффузионная составляющая тока и прямой ток увеличивается. Иначе говоря, при большей температуре p-n-перехода тот же прямой ток достигается при меньшем смещении.

С ростом температуры увеличивается скорость тепловой генерации электронно-дырочных пар во всех областях p-n перехода. Это приводит к резкому возрастанию с температурой концентрации неосновных носителей в n- и p-областях перехода и, следовательно, к увеличению тока насыщения и ухудшению выпрямляющих свойств диода.

**9. Какие существуют виды пробоя p-n-перехода и в чем их отличие?**

**Пробой** — это скачкообразное изменение тока, при неизменном напряжении. В зависимости от причин, его вызвавших различают лавинный, туннельный и тепловой пробои.

**Туннельный** пробой возникает при малой ширине p-n-перехода (например, при низкоомной базе), когда при большом обратном напряжении электроны проникают за барьер без преодоления самого барьера. В результате туннельного пробоя ток через переход резко возрастает и обратная ветвь ВАХ идет перпендикулярно оси напряжений вниз.

**Лавинный** пробой возникает в том случае, если при движении до очередного соударения с нейтральным атомом кристалла электрон или дырка приобретают энергию, достаточную для ионизации этого атома, при этом рождаются новые пары электрон-дырка, происходит лавинообразное размножение носителей зарядов; здесь основную роль играют неосновные носители, они приобретают большую скорость. Лавинный пробой имеет место в переходах с большими удельными сопротивлениями базы («высокоомная база»), т.е. в p-n-переходе с широким переходом.

**Тепловой** пробой характеризуется сильным увеличением тока в области p-n-перехода в результате недостаточного теплоотвода.

Если туннельный и лавинный пробои, называемые электрическими, обратимы, то после теплового пробоя свойства перехода меняются вплоть до разрушения перехода.

**10. Какие физические явления и свойства выпрямляющих электрических переходов используются в выпрямительных и импульсных диодах, в стабилитронах и варикапах?**

Принцип работы выпрямительных диодов основан на вентильном свойстве p-n-перехода.

Импульсные диоды предназначены для работы в импульсных и цифровых устройствах. Обозначаются так же, как и выпрямительные, имеют малую длительность переходных процессов. От выпрямительных диодов отличаются малыми емкостями p-n-перехода (доли пикофарад) и характеризуются рядом параметров, определяющих переходные характеристики диода.

Принцип действия стабилитронов основан на использовании электрического вида пробоя p-n-перехода при обратном смещении.

Варикап – полупроводниковый диод, действие которого основано на использовании зависимости емкости перехода от обратного напряжения и который предназначен для применения в качестве элемента с электрически управляемой емкостью.

**11. Назовите основные параметры выпрямительных, импульсных диодов, стабилитронов, варикапов.**

**К основным параметрам выпрямительных диодов относятся:**

– максимально допустимый прямой ток Iпр max;

– прямое падение напряжения на диоде Uпр (при Iпр max);

– максимально допустимое обратное напряжение Uобр max;

– обратный ток при заданном обратном напряжении Iобр (при Uобр max );

– диапазон рабочих температур окружающей среды;

– коэффициент выпрямления Kв;

– предельная частота выпрямления, соответствующая уменьшению коэффициента выпрямления в 2 раза.

**Импульсные диоды характеризуются рядом специальных параметров:**

– общая емкость диода Cд (десятые доли – единицы пикофарад);

– максимальное импульсное прямое напряжение Uпр max и;

– максимально допустимый импульсный ток Iпр max и;

– время установления прямого напряжения (интервал времени между началом протекания прямого тока через диод и моментом, когда прямое напряжение на диоде достигает 1,2 установившегося значения (доли наносекунд – доли микросекунд));

– время обратного восстановления диода.

**Основными параметрами стабилитронов являются:**

– напряжение стабилизации (падение напряжения на стабилитроне при протекании заданного тока стабилизации);

– минимальный Iст min и максимальный Iст max токи стабилитрона в режиме стабилизации;

– температурный коэффициент напряжения стабилизации

– отношение относительного изменения напряжения стабилизации, выраженного в процентах, к вызвавшему его изменению температуры;

– дифференциальное сопротивление стабилитрона rст, определяемое на участке пробоя;

– статическое сопротивление R0 = Uст Iст.

**Основными специальными параметрами варикапов являются:**

– номинальная емкость, измеренная при заданном обратном напряжении;

– коэффициент перекрытия по емкости (отношение емкостей варикапа при двух заданных значениях обратного напряжения);

– сопротивление потерь (суммарное активное сопротивление, включающее сопротивление кристалла, контактных соединений и выводов);

– добротность (отношение реактивного сопротивления варикапа на заданной частоте переменного сигнала к сопротивлению потерь);

– температурный коэффициент емкости (отношение относительного изменения емкости, выраженного в процентах, к вызывавшему его абсолютному изменению температуры окружающей среды).