

Рис. 2.1. Конструкция (а) и устройство (б) цилиндрического (а) и плоскостного (б) выпрямительных диодов

Основным назначением **выпрямительных диодов** является преобразование переменного электрического тока в постоянный, т. е. выпрямление. Первые выпрямительные диоды были германиевые. Современная технология получения сверхчистого кремния позволяет изготавливать их преимущественно из кремния.

Выпрямительный диод состоит из кристалла полупроводника с PN-переходом, заключенного в металлический или пластмассовый корпус, и двух выводов от p- и n-областей. Основные свойства выпрямительных диодов определяются свойствами PN-перехода. Работа выпрямительного диода в электрической схеме достаточно полно определяется его вольт-амперной характеристикой — зависимостью тока, проходящего через прибор, от приложенного внешнего напряжения.

Анализ этих характеристик позволяет разграничить преимущественные области применения германиевых и

кремниевых диодов. Так, германиевые диоды используют, когда необходима обработка сигналов малой амплитуды. Действительно, с помощью германиевого диода можно выпрямлять переменное напряжение, амплитуда которого составляет доли вольта, тогда как кремниевый диод при подаче на него напряжения, амплитуда которого менее 0,4 В, одинаково плохо проводит ток в прямом и обратном направлениях.

Кремниевые диоды применяют чаще германиевых, особенно когда недопустим обратный ток. Кроме того, они сохраняют работоспособность при температуре до 125—150°C, тогда как германиевые могут работать только при температуре до +70°C.

Основными параметрами выпрямительных полупроводниковых диодов являются:

постоянное прямое напряжение $U_{пр}$ при заданном прямом токе $I_{пр}$;

максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр\ max}$, при котором диод еще может нормально работать длительное время;

постоянный обратный ток $I_{обр}$, протекающий через диод при обратном напряжении, равном $U_{обр\ max}$;

средний выпрямленный ток $I_{вп.ср}$, который может длительно проходить через диод при допустимой температуре его нагрева;

максимально допустимая мощность P_{max} , рассеиваемая диодом, при которой обеспечивается заданная надежность диода.

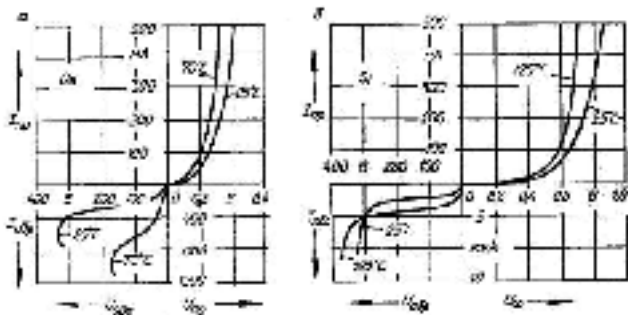


Рис. 2.2. ВАХ германиевых (а) и кремниевых (б) диодов при различных температурах

Превышение $U_{обр\ max}$ переводит диод в режим пробоя. Различают *электрический* и *тепловой* пробой PN-перехода. Электрический пробой может быть лавинным или туннельным и не сопровождается разрушением PN-перехода. Тепловой пробой, как правило, "сопровождается разрушением PN-перехода и выходом прибора из строя.

Лавинный пробой происходит из-за лавинного размножения неосновных носителей заряда в широких PN-переходах. Электрон, ускорившись в поле запирающего слоя, выбивает из атомов полупроводника валентные электроны, которые, в свою очередь, успевают ускориться и выбить новые электроны, и т. д. Процесс

развивается лавинообразно и сопровождается быстрым нарастанием обратного тока.

Туннельный пробой наблюдается в узких PN-переходах и состоит в отрыве под действием сильного электрического поля валентных электронов от атомов полупроводника. Образующиеся при этом носители заряда — электроны и дырки — способствуют увеличению обратного тока.

Тепловой пробой возникает из-за перегрева PN-перехода или отдельного его участка. При этом происходит интенсивная генерация пар электрон — дырка и, следовательно, увеличивается обратный ток, что ведет к увеличению мощности, выделяющейся в PN-переходе, и дальнейшему его разогреву. Этот процесс, также лавинообразный, завершается расплавлением перегретого участка PN-перехода и выходом прибора из строя. При тепловом пробое обратный ток стремительно нарастает, а напряжение на переходе уменьшается.

Для использования выпрямительных диодов в различных схемах необходимо знать, как они работают в диапазоне температур. Для примера на рис. 36 показаны вольт-амперные характеристики кремниевых диода КД105Б, снятые в диапазоне температур от —60 до +85°C, из которых видно, что при росте температуры прямое падение напряжения на диоде уменьшается, а обратный ток увеличивается. Так, обратный ток кремниевых диодов увеличивается примерно втрое на каждые 10°C, а германиевых — только вдвое.

Электронно-дырочный переход (ЭДП) получают методом сплавления или диффузии. Для получения больших значений выпрямленных токов в выпрямительных диодах используются ЭДП с большой площадью, поскольку для нормальной работы диода плотность тока через переход не должна превышать 1-2 А/мм². Такие диоды называют плоскостными.

Конструкция плоскостного полупроводникового диода малой мощности приведена на рис. 2.1, а. Для улучшения

отвода тепла в диодах средней и большой мощности к их корпусу приваривается винт, с помощью которого диоды крепятся к специальному радиатору или шасси (рис. 2.1, б).

Основной характеристикой выпрямительного диода является его вольт-амперная характеристика (ВАХ). Вид ВАХ зависит от материала полупроводника и температуры (рис. 2.2, а и б).

По максимально допустимому значению среднего выпрямленного тока диоды делятся на маломощные ($I_{вп.ср} \leq 0,3$ А), средней мощности ($0,3 \text{ А} < I_{вп.ср} \leq 10 \text{ А}$) и большой мощности ($I_{вп.ср} > 10 \text{ А}$). Выпрямительные диоды большой мощности называются силовыми.

Маломощные выпрямительные элементы, представляющие собой последовательно соединенные выпрямительные полупроводниковые диоды, называют выпрямительными столбами. Выпускаются также выпрямительные блоки, в которых выпрямительные диоды соединяются по определенной (например, мостовой) схеме.

Выпрямительные полупроводниковые диоды способны работать на частотах 50...105 Гц (силовые диоды — на частотах 50 Гц), т. е. являются низкочастотными.

Высокочастотные диоды. К высокочастотным относятся полупроводниковые диоды, способные работать на частотах до 300 МГц. Диоды, работающие на частотах свыше 300 МГц, называют сверхвысокочастотными (СВЧ).

С ростом частоты увеличивается шунтирование дифференциального сопротивления обратного смещенного ЭДП зарядной емкостью. Это приводит к уменьшению обратного сопротивления и ухудшению выпрямительных свойств диода. Так как значение зарядной емкости пропорционально площади ЭДП, то для ее уменьшения необходимо уменьшать площадь ЭДП.

Малую площадь перехода имеют микросплавные диоды, но их недостатком является накопление в базе неосновных носителей заряда, инжектируемых в нее при прямом включении диода. Это ограничивает быстродействие (частотный диапазон) микросплавных диодов.

Лучшим быстродействием обладают и, следовательно, более высокочастотными являются точечные диоды, способные работать в диапазоне СВЧ. В их конструкции металлическая пружинка диаметром около 0,1 мм острием прижимается к кристаллу полупроводника. Материал пружинки подбирается таким, чтобы работа выхода электронов из него была больше, чем из полупроводника. При этом на границе металл-полупроводник образуется запирающий слой, называемый барьером Шоттки — по имени немецкого ученого, исследовавшего это явление. Диоды, работа

которых основана на использовании свойств барьера Шоттки, называются диодами Шоттки. В них электрический ток переносится основными носителями заряда, вследствие чего отсутствуют явления инжекции и накопления неосновных носителей заряда.

Высокочастотные и СВЧ диоды применяются для выпрямления высокочастотных колебаний (выпрямительные), детектирования (детекторные), управления уровнем мощности (переключательные), умножения частоты (умножительные) и других нелинейных преобразований электрических сигналов.

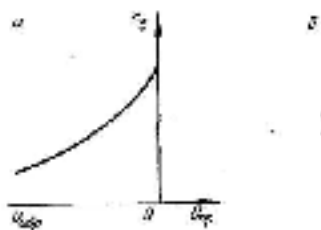


Рис. 2.2. Вольт-амперная характеристика (а) и условный обозначение 42B10 (б) диода

Варикапы. Варикапами называют полупроводниковые диоды, действие которых основано на использовании зависимости емкости от обратного напряжения. Варикапы используются в качестве элемента с электрически управляемой емкостью.

Характер зависимости $C_B = f(U_{обр})$ показан на рис. 2.3, а. Эту зависимость называют вольт-фарадной характеристикой варикапа. Основными параметрами варикапов являются:

номинальная емкость C_B , измеренная при заданном обратном напряжении $U_{обр}$;

коэффициент перекрытия емкости K_C , определяемый отношением емкостей варикапа при двух значениях обратного напряжения;

максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр \max}$;

добротность Q_B , определяемая как отношение реактивного сопротивления варикапа к сопротивлению потерь.

Маркировка

1-й элемент: Г или 1 – германий или его соединения; К или 2 – кремний или его соединения; А или 3 – соединения галлия; И или 4 – индий или его соединения.

2-й элемент: Д – выпрямительные и импульсные диоды, магнитодиоды; термодиоды, Ц – выпрямительные столбы и блоки, А – СВЧ-диоды, В – варикапы, С – стабилитроны и стабисторы, Л – излучающие приборы, Ф – фотоприборы, Н – диодные тиристоры, У – триодные тиристоры и т.д.

3-й элемент – цифра – назначение и качественные свойства диода

4-й элемент – цифра – порядковый номер разработки (для стабилитронов – напряжение стабилизации)

5-й элемент – буква – разновидность класса диода по параметрическим группам