

Лекция №4

РАЗНОВИДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Полупроводниковыми диодами называют двухэлектродные полупроводниковые приборы с выпрямляющим электрическим переходом. В качестве выпрямляющего электрического перехода применяют р-п-переход, гетеропереход или выпрямляющий контакт металла с полупроводником.

Классификация и система обозначений

В основе применения диодов лежит ряд их свойств, в соответствии с которыми их можно классифицировать.

По типу исходного материала диоды делят на диоды из:

- кремния;
- германия;
- арсенида галлия и др

В зависимости от конструктивно-технологических особенностей различают:

- плоскостные;
- точечные;
- микросплавные диоды.

По применению различают:

- выпрямляющие;
- импульсные;
- стабилитроны;
- варикапы и др.

Возможна классификация и по ряду других признаков.

Система обозначений ППД установлена отраслевым стандартом ОСТ 11336.919-81. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.

Первый элемент (буква или цифра) обозначает исходный полупроводниковый материал,

второй (буква) – подкласс приборов,

третий (цифра) – основные функциональные возможности прибора,

четвертый – число, обозначающее порядковый номер разработки,

пятый элемент – буква, условно определяющая классификацию приборов, изготовленных по единой технологии:

1. Г или 1 –германий или его соединения,
К или 2 - кремний или его соединения,
А или 3 – соединения галлия,
И или 4 – соединения индия.
2. Д – выпрямительные и импульсные,
Ц – выпрямительные столбы и блоки,

В – варикапы,
 И – туннельные диоды,
 А – СВЧ диоды,
 С – стабилитроны,
 Г – генераторы шума,
 Л – излучающие оптоэлектронные приборы,
 О – оптопары.

3. Например в подклассе Д

1 –выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока не более 0.3 А,

2 выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока более 0.3 А, но не свыше 10 и т. Д.

Пример обозначения приборов

2Д204В – кремниевый выпрямительный диод с постоянным и средним значением тока 0.3...10 А, номер разработки 04, группа В.

КС468А – кремниевый стабилитрон мощностью 0.3...5 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В, группа А.



Рис.4.1 – УГО полупроводниковых диодов

Выпрямительные диоды

Выпрямительные диоды являются одним из наиболее распространенных типов ПП диодов. Они предназначены для преобразования переменного тока в постоянный. Для выпрямительных диодов характерно небольшое сопротивление в проводящем состоянии, позволяющее пропускать большие токи. В подавляющем большинстве случаев они работают на частоте 50 Гц, верхняя граница рабочих частот, как правило, не превышает 20 кГц.

Для изготовления выпрямительных диодов обычно используют кремний, имеющий более высокую допустимую температуру и более низкую цену по сравнению с германиевыми. Однако в мощных низковольтных выпрямителях предпочтительнее германиевые диоды, поскольку они имеют меньшее прямое напряжение, чем кремниевые. В ряде случаев применяют диоды Шотки, в которых используется выпрямляющий контакт металла с полупроводником.

Основными параметрами, характеризующими свойства выпрямительных диодов, являются:

- средний выпрямленный ток $I_{пр\ ср}$, — среднее за период значение прямого тока;
- среднее прямое напряжение $U_{ср\ пр}$, при заданном значении среднего прямого тока;
- максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр\ max}$ — значение обратного напряжения, которое диод способен выдержать в течение длительного времени;
- средний обратный ток диода $I_{обр\ ср}$ - среднее за период значение обратного тока.

Высокочастотные диоды

Высокочастотные диоды предназначены для нелинейных электрических преобразований сигналов на частотах до сотен мегагерц. Их применяют в детекторах высокочастотных сигналов, преобразователях частоты, модуляторах и т. д. Отличительной особенностью этих диодов является незначительная величина барьерной емкости, что достигается путем уменьшения площади р-п-перехода. Поэтому высокочастотные диоды являются точечными или микросплавными. Для уменьшения времени жизни носителей в базу диода вводят примесь золота. Параметры у высокочастотных диодов те же, что и у низкочастотных выпрямительных диодов.

Импульсные диоды

Импульсные диоды предназначены для работы в быстродействующих импульсных схемах. Основными отличительными особенностями импульсных диодов, так же как и высокочастотных, является малая площадь р-п-перехода и небольшое время жизни неравновесных носителей заряда. Основным параметром импульсных диодов является время восстановления обратного сопротивления которое у сверхбыстродействующих диодов составляет несколько наносекунд. Для импульсных диодов указывают также параметры, характерные для выпрямительных диодов. В быстродействующих импульсных схемах широко используют диоды Шотки, площадь перехода которых обычно составляет 20—30 мкм в диаметре, а барьерная емкость не превышает 1 пФ. Основным фактором, влияющим на длительность переходных процессов, является перезаряд барьерной емкости. Диоды Шотки могут работать на частотах до 15 ГГц, а время переключения у них составляет около 0,1 нс.

Стабилитроны

Стабилитроны предназначены для стабилизации напряжений. Они работают в области лавинного или туннельного пробоя. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) стабилитрона приведена на рис. 4.2.

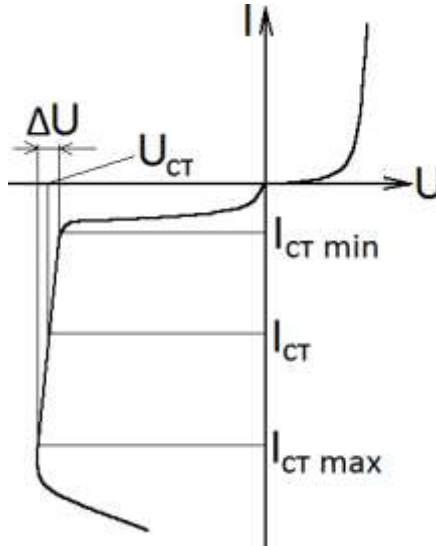


Рис.4.2 – ВАХ стабилитрона

Ниже перечислены основные параметры стабилитронов:

- Напряжение стабилизации $U_{ст}$ — значение напряжения на стабилитроне при заданном токе стабилизации. Так как участок пробоя вольт-амперной характеристики проходит почти вертикально, то можно считать, что $U_{ст}=U_{пр}$. Напряжение стабилизации лежит в пределах от 3,3 до 96 В.
- Максимальный ток стабилизации $I_{ст max}$ ограничивается максимально допустимой мощностью

$$I_{ст max} = \frac{P_{max}}{U_{ст}} . \quad (4.1)$$

- Минимальный ток стабилизации $I_{ст min}$ характеризуется гарантированной устойчивостью состояния пробоя.
- Дифференциальное сопротивление определяется при среднем токе стабилизации:

$$r_{диф} = \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}} \quad (4.2)$$

Варикапы

Варикапами называют полупроводниковые диоды, в которых используется барьерная емкость р-п-перехода в зависимости от значения обратного напряжения. Варикапы применяют в качестве элементов с электрически

управляемой емкостью. Основной характеристикой варикапа является вольт-фарадная.

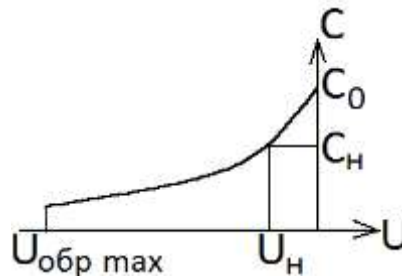


Рис.4.3 – Вольт-фарадная характеристика варикапа

Основные параметры варикапов:

- Емкость варикапа C — емкость, измеренная между выводами варикапа при заданном значении обратного напряжения. Для разных типов варикапов эта емкость может быть от нескольких единиц до нескольких сотен пикофарад.
- Коэффициент перекрытия по емкости K_c — отношение емкостей варикапа для двух заданных значений обратных напряжений. Значение этого параметра составляет несколько единиц.
- Добротность варикапа Q_v — отношение реактивного сопротивления варикапа на заданной частоте переменного сигнала к сопротивлению потерь при заданном значении емкости или обратного напряжения. Добротность лежит в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен.
- Температурный коэффициент емкости α_c — относительное изменение емкости ΔC при изменении температуры на ΔT (влияние температуры на емкость варикапа в основном обусловлено изменением контактной разности потенциалов, практически $\alpha_c = (2.4)10^{-4} \text{ К}$

$$\alpha_c = \frac{\Delta C}{C \Delta T}. \quad (4.3)$$

Туннельные диоды

В туннельных диодах используют контакт вырожденных полупроводников, на вольт-амперной характеристике которых при прямом напряжении имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением (см. рис. 7).

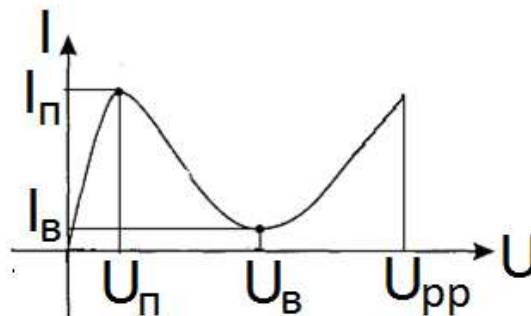


Рис. 4.4 – ВАХ туннельного диода

Специфические параметры туннельных диодов

- Пиковый ток $I_{\text{п}}$ — прямой ток в точке максимума вольт-амперной характеристики. Его значение может находиться в интервале от десятых долей мА до сотен мА.
- Ток впадины $I_{\text{в}}$ - прямой ток в точке минимума вольт-амперной характеристики
- Отношение токов $I_{\text{п}} / I_{\text{в}}$ отношение пикового тока к току впадины. Для туннельных диодов из арсенида галлия это отношение > 10 , для германиевых 3...6.
- Напряжение пика $U_{\text{п}}$ — прямое напряжение, соответствующее пиковому току. Для туннельных диодов из арсенида галлия $U_{\text{п}} = 100 \dots 150$ мВ, для германиевых диодов $U_{\text{п}} = 40 \dots 60$ мВ.
- Напряжение впадины $U_{\text{в}}$ — прямое напряжение, соответствующее току впадины. У туннельных диодов из арсенида галлия $U_{\text{в}} = 400 \dots 500$ мВ, у германиевых $U_{\text{в}} = 250 \dots 350$ мВ.
- Напряжение раствора $U_{\text{рр}}$ — прямое напряжение, большее напряжения впадины, при котором ток равен пиковому.

Наличие участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением на ВАХ обеспечивает возможность использования туннельных диодов в качестве усилительного элемента и в качестве основного элемента генераторов. В настоящее время туннельные диоды используются именно в этом качестве в области СВЧ.