

Полупроводниковый стабилитрон — полупроводниковый диод, напряжение на котором в области электрического пробоя слабо зависит от тока и который служит для стабилизации напряжения.

Вольтамперная характеристика стабилитрона приведена на рис. 1. Как видно, в области пробоя напряжение на стабилитроне U_{CT} лишь незначительно изменяется при больших изменениях тока стабилизации I_{CT} . Такую характеристику стабилитрона используют для получения стабильного напряжения, например в параметрических стабилизаторах напряжения. Основными параметрами стабилитрона являются: напряжение на участке стабилизации U_{CT} ; динамическое сопротивление на участке стабилизации $R_d = dU_{CT}/dI_{CT}$; минимальный ток стабилизации $I_{CT.min}$; максимальный ток стабилизации $I_{CT.max}$; температурный коэффициент напряжения на участке стабилизации $TKU = \frac{dU_{CT}}{dT} 100$.

Напряжение стабилизации современных стабилитронов лежит в пределах 1—1000 В и зависит от толщины запирающего слоя р-п-перехода. Участок стабилизации расположен на характеристике стабилитрона от $I_{CT.min}$ до $I_{CT.max}$; $I_{CT.min} \approx 1 \div 10$ МА, $I_{CT.max} \approx 50 \div 2000$ МА. Значение минимального тока $I_{CT.min}$ ограничено нелинейным участком характеристики стабилитрона, значение максимального тока $I_{CT.max}$ — допустимой температурой полупроводника.

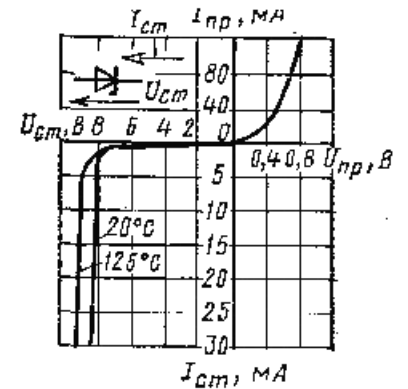


Рис 1. Вольтамперная характеристика стабилитрона

На участке стабилизации $R_d \approx const$, для большинства стабилитронов $R_d = 0,5 \div 200$ Ом. Важным параметром стабилитрона является температурный коэффициент напряжения TKU , который показывает, на сколько процентов изменится напряжение стабилизации при изменении температуры полупроводника на $1^\circ C$. Для большинства стабилитронов $TKU = (0,05 \div -0,2) \% / ^\circ C$. При этом отрицательным TKU обладают стабилитроны с низким напряжением стабилизации ($U_{CT} \leq 6,0$ В)

Путем последовательного соединения в процессе изготовления р-п-переходов с различными по знаку TKU удастся получить стабилитроны с очень низким температурным коэффициентом напряжения. Так, у прецизионного стабилитрона КС196В $TKU = \pm 0,0005 \% / ^\circ C$ в диапазоне температур от -60 до $+60^\circ C$. Такие стабилитроны применяют в стабилизаторах напряжения, например в автоматических потенциометрах, предназначенных для измерения постоянных напряжений и токов.

Стабилизацию постоянного напряжения можно также получить с помощью диода, включенного в прямом направлении. Кремниевые диоды, предназначенные для этой цели, называют **стабисторами**. Для изготовления стабисторов применяют кремний с большой концентрацией примесей, что необходимо для получения меньшего динамического сопротивления при прямом включении. Кроме того, при большей концентрации примесей в исходном кремнии меньше температурные изменения прямой ветви вольтамперной характеристики диода, что обеспечивает меньший температурный коэффициент напряжения стабилизации стабистора. Отличительной особенностью стабисторов по сравнению со стабилитронами является меньшее напряжение стабилизации ($\sim 0,7$ В).

Стабилитроны допускают последовательное включение, при этом общее напряжение стабилизации равно сумме напряжений стабилитронов: $U_{CT} = U_{CT1} + U_{CT2} + U_{CT3} + \dots + U_{CTn}$

Параллельное соединение стабилитронов недопустимо, так как из всех параллельно соединенных стабилитронов ток будет только в одном стабилитроне, имеющем наименьшее напряжение стабилизации. Конструктивное исполнение стабилитронов аналогично выпрямительным диодам.

Туннельный диод — полупроводниковый диод на основе вырожденного полупроводника, в котором туннельный эффект приводит к появлению на вольтамперных характеристиках при прямом напряжении участка с отрицательной дифференциальной электрической проводимостью (кривая 2 на рис. 2). Материалом для туннельных диодов служит сильнолегированный германий или арсенид галлия.

Основными параметрами туннельного диода являются ток пика I_p (рис. 2, кривая 1) и отношение тока пика к току впадины I_p/I_v . Для выпускаемых диодов $I_p = 0,1 \div 1000$ мА и $I_p/I_v = 5 \div 20$.

Туннельные диоды являются быстродействующими полупроводниковыми приборами и применяются в генераторах высокочастотных колебаний и импульсных переключателях.

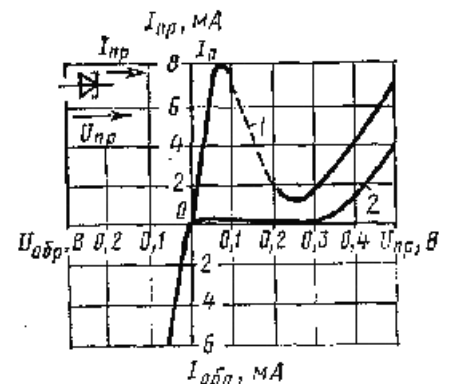


Рис. 2. Вольтамперная характеристика туннельного (1) и обращенного (2) диодов

Обращенный диод — диод на основе полупроводника с критической концентрацией примесей, в котором электрическая проводимость при обратном напряжении вследствие туннельного эффекта

значительно больше, чем при прямом напряжении.

Обращенные диоды представляют собой разновидность туннельных диодов, у которых ток пика $I_p=0$ (рис. 2, кривая 2). Если к обращенному диоду приложить прямое напряжение $U_{пр} \leq 0,3$ В, то ток диода $I_{пр} \approx 0$. В то же время даже при небольшом обратном напряжении (порядка десятков милливольт) обратный ток достигает нескольких миллиампер. Таким образом, обращенные диоды обладают вентильными свойствами при малых напряжениях именно в той области, где выпрямительные диоды обычно вентильными свойствами не обладают. При этом направлением наибольшей проводимости является направление, соответствующее обратному току.

Варикап — полупроводниковый диод, в котором используется зависимость емкости р-п-перехода от обратного напряжения и который предназначен для применения в качестве элемента с электрически управляемой емкостью. В качестве полупроводникового материала для изготовления варикапов служит кремний. Зависимость емкости варикапа от обратного напряжения показана на рис. 3.

Основными параметрами варикапа являются общая емкость C_v , которая фиксируется обычно при небольшом обратном напряжении $U_{обр}=2 \div 5$ В, и коэффициент перекрытия по емкости $K_c = C_{max}/C_{min}$. Для большинства выпускаемых варикапов $C=10 \div 500$ пФ и $K_c=5 \div 20$.

Варикапы применяют в системах дистанционного управления и автоматической подстройки частоты и в параметрических усилителях с малым уровнем собственных шумов.

Фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы и светодиоды. В этих трех типах диодов используется эффект взаимодействия оптического излучения (видимого, инфракрасного или ультрафиолетового) с носителями заряда (электронами и дырками) в запирающем слое р-п-перехода.

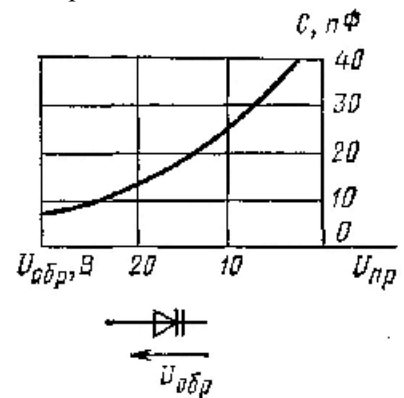


Рис. 3. Зависимость емкости варикапа от обратного напряжения

В фотодиоде в результате освещения р-п-перехода повышается обратный ток. В полупроводниковом фотоэлементе при освещении р-п-перехода возникает обратное напряжение. В светодиоде в режиме прямого тока в зоне р-п-перехода возникает видимое или инфракрасное излучение.

Фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы и светодиоды подробно рассмотрены в последующих главах.

В последнее время появились еще два типа диодов: *магнитодиод* и *тензодиод*.

Магнитодиод — полупроводниковый диод, в котором используется изменение вольтамперной характеристики под действием магнитного поля.

В качестве магнитодиодов используют выпрямительные диоды на основе германия или кремния с увеличенной толщиной полупроводникового материала. Основным параметром магнитодиода является его чувствительность

$\gamma = \Delta U_{пр} / (\Delta BI)$, где ΔU и ΔB — приращение соответственно прямого напряжения и магнитной индукции. Диапазон значений $\gamma = (10 \div 50) \cdot 10^3$ В/(Тл·мА)

Тензодиод — полупроводниковый диод, в котором используется изменение вольтамперной характеристики под действием механических деформаций.

В качестве тензодиодов обычно применяют туннельные диоды, у которых отдельные участки вольтамперной характеристики существенно зависят от деформации рабочего тела диода.

Контрольные вопросы:

1. Что такое полупроводниковый стабилитрон?
2. Нарисуйте ВАХ стабилитрона и поясните принцип его работы.
3. Расскажите о параметрах стабилитрона.
4. Что такое стабистор?
5. Расскажите о последовательном и параллельном включении стабилитронов.
6. Что такое туннельный диод?
7. Нарисуйте ВАХ и поясните принцип работы туннельного диода.
8. Что такое обращенный диод?
9. Нарисуйте ВАХ и поясните принцип работы обращенного диода.
10. Что такое варикап?
11. Нарисуйте ВФХ и поясните принцип работы варикапа.
12. Что такое фотодиод?
13. Что такое светодиод?
14. Что такое полупроводниковый фотоэлемент?
15. Расскажите о магнитодиодах и тензодиодах.