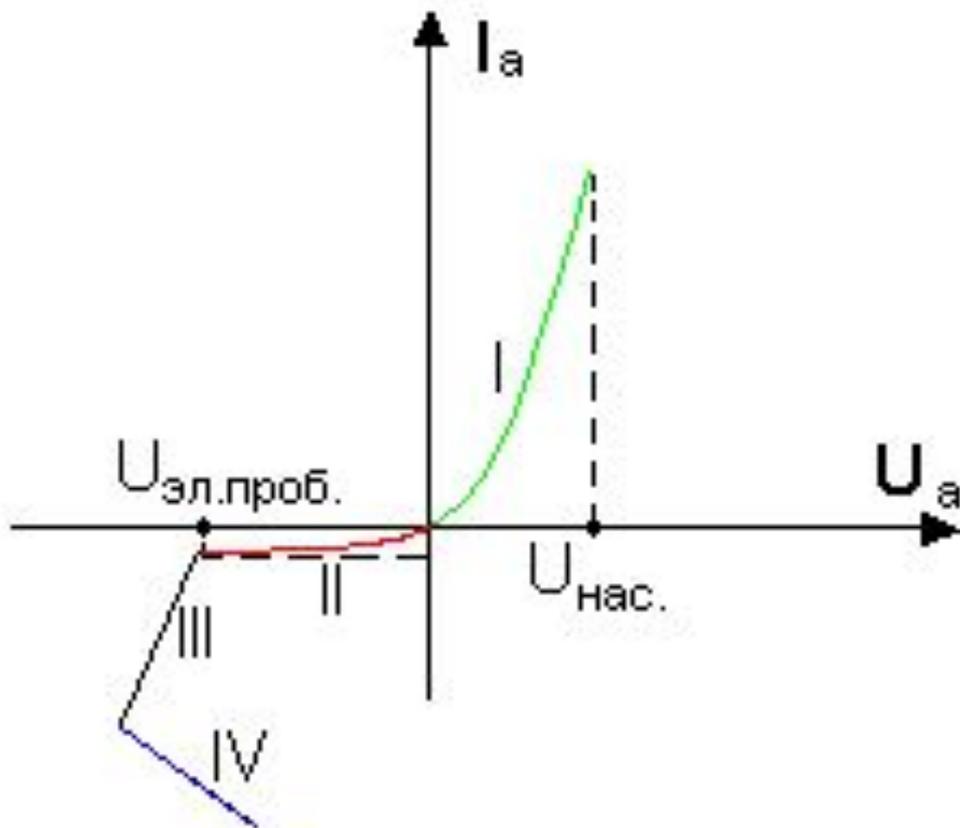


Полупроводниковые диоды



Вольт-амперная характеристика диода

- $U_{\text{эл.проб.}} = 10 \div$ около 6000 В – напряжение электрического пробоя. Зависит от марки диода.
- $U_{\text{нас.}} = 0,3 \div 1$ В – напряжение насыщения.
- I_a и U_a – анодный ток и напряжение

- **Участок I:**– рабочий участок (прямая ветвь ВАХ)

Участки II, III, IV, - обратная ветвь ВАХ (не рабочий участок)

- **Участок II:** Если приложить к диоду обратное напряжение – диод закрыт, но все равно через него будет протекать малый обратный ток (ток дрейфа, тепловой ток), обусловленный движением неосновных носителей.

- **Участок III:** Участок электрического пробоя. Если приложить достаточно большое напряжение, неосновные носители будут разгоняться и при соударении с узлами кристаллической решетки происходит ударная ионизация, которая в свою очередь приводит к лавинному пробую (вследствие чего резко возрастает ток)

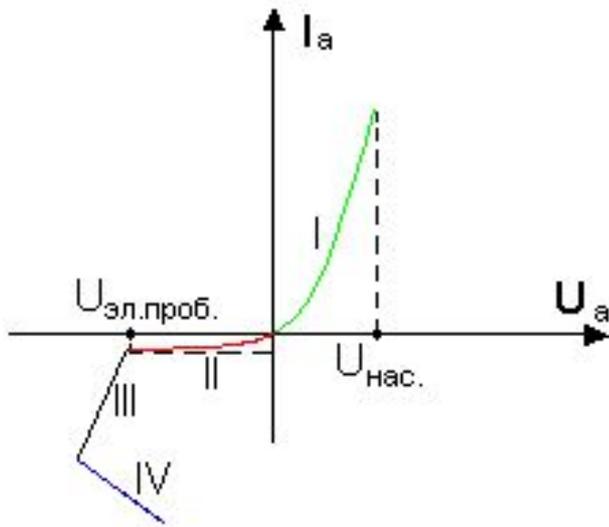
Электрический пробой, теоретически, является обратимым, после снятия напряжения P-N-переход восстанавливается.

- **Участок IV:** Участок теплового пробоя. Возрастает ток, следовательно, увеличивается мощность, что приводит к нагреву диода и он сгорает.

Тепловой пробой - необратим.

Вслед за электрическим пробоем, очень быстро следует тепловой, поэтому на практике для диодов запрещается работа при электрическом пробое.

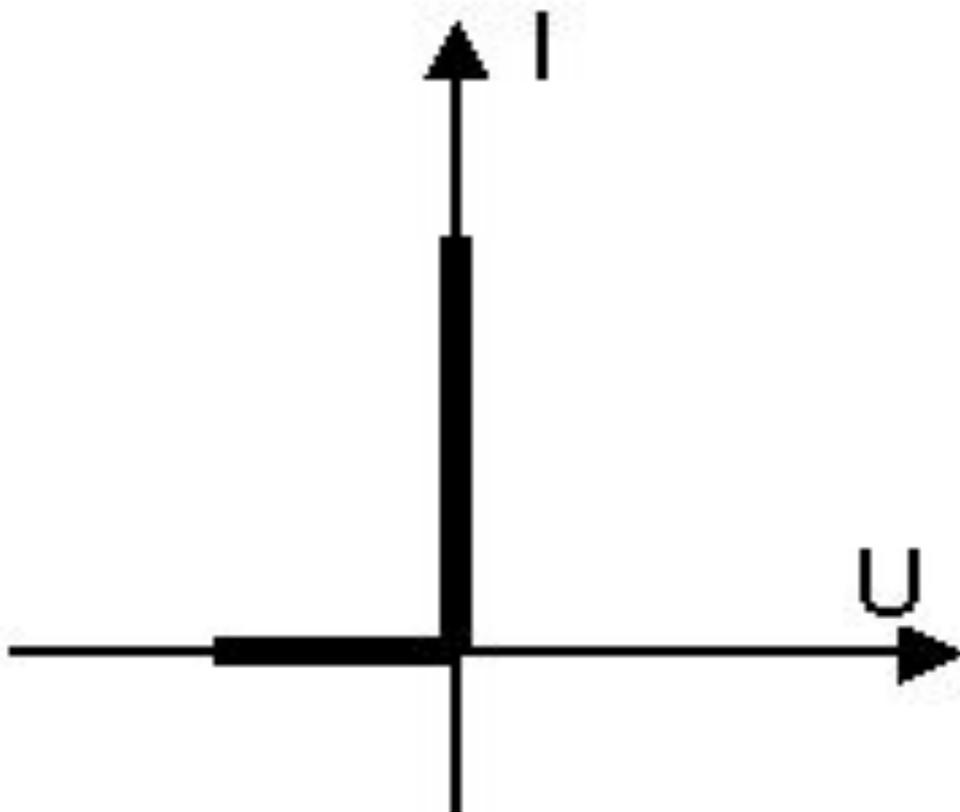
- Тепловой пробой может наступить и на рабочей ветви ВАХ (участок I).



Надо отметить, что для данной ВАХ масштабы по осям в положительном и отрицательном направлении неодинаковы.

Если сделать масштабы одинаковыми, ВАХ будет иметь следующий вид :

Вольт-амперная характеристика идеального диода
(вентиля)



Основные параметры полупроводниковых диодов

- 1. Максимально допустимый средний за период прямой ток $(I_{\text{пр. ср.}})$

– это такой ток, который диод способен пропустить в прямом направлении не перегреваясь.

Величина допустимого среднего за период прямого тока равна 70% от тока теплового пробоя.

По прямому току диоды делятся на три группы:

1) Диоды малой мощности ($I_{\text{пр. ср.}} < 0,3 \text{ A}$)

2) Диоды средней мощности ($0,3 < I_{\text{пр. ср.}} < 10 \text{ A}$)

3) Диоды большой мощности ($I_{\text{пр. ср.}} > 10 \text{ A}$)

В настоящее время существуют диоды с $I_{\text{пр. ср.}} = 3800 \text{ A}$

Диоды малой мощности не требуют дополнительного теплоотвода (тепло отводится с помощью корпуса диода)

- 2. Постоянное прямое напряжение ($U_{\text{пр.}}$)

Постоянное прямое напряжение – это падение напряжения между анодом и катодом при протекании максимально допустимого прямого постоянного тока.

Проявляется особенно при малом напряжении питания.

Постоянное прямое напряжение зависит от материала диодов (германий - Ge, кремний - Si)

Синоним этого параметра – напряжение насыщения.

$U_{\text{пр. Ge}} \approx 0.3 \div 0.5 \text{ В}$ (Германиевые)

$U_{\text{пр. Si}} \approx 0.5 \div 1 \text{ В}$ (Кремниевые)

Германиевые диоды обозначают – ГД (1Д)

Кремниевые диоды обозначают – КД (2Д)

- 3. Повторяющееся импульсное обратное максимальное напряжение ($U_{\text{обр. max}}$)

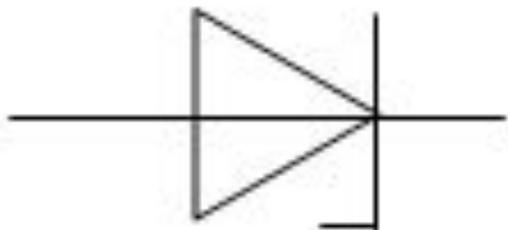
Электрический пробой идет по амплитудному значению (импульсу) $U_{\text{обр. max}} \approx 0.7 U_{\text{Эл. пробоя}}$ (10 ÷ 4500 В)

Для мощных диодов $U_{\text{обр. max}} = 1200 \text{ В}$.

Этот параметр иногда называют классом диода (Для 12 класса диода $U_{\text{обр. max}} = 1200 \text{ В}$)

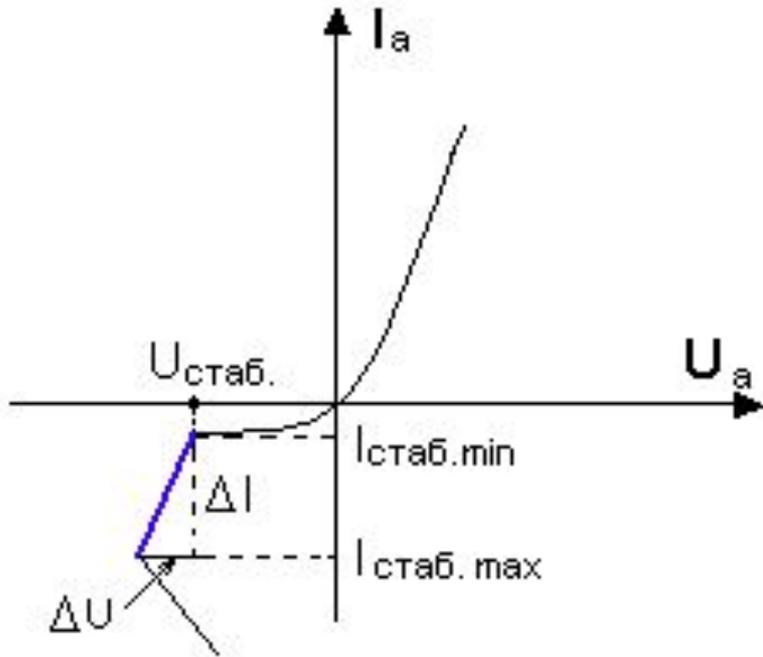
- 4. Максимальный обратный ток диода ($I_{\text{max..обр.}}$)
Соответствует максимальному обратному напряжению (порядок величины – микроамперы или миллиамперы в зависимости от мощности диода).
Для кремниевых диодов максимальный обратный ток в два раза меньше, чем для германиевых
- 5. Дифференциальное (динамическое) сопротивление.

Обозначение на схемах:



- Стабилитрон – это разновидность диода. Применяется для ограничения электрических сигналов по току и напряжению.
- Используются в стабилизаторах напряжения.

Вольт-амперная характеристика стабилитрона



- Рабочим участком является участок электрического пробоя.
- $U_{\text{стаб.}}$ – напряжение стабилизации
- $I_{\text{стаб. min}}$ – минимальный ток стабилизации
- $I_{\text{стаб. max}}$ – максимальный ток стабилизации

- В справочнике дается среднее значение $U_{\text{стаб.}}$. Есть разброс порядка 10 %.
- Для достижения требуемого значения стабилитроны могут включаться последовательно.

Рабочий ток стабилизатора лежит в пределах от минимального до максимального тока стабилизации.

$$I_{\text{ст. min}} \leq I_a \leq I_{\text{ст. max}}$$

Степень наклона рабочего участка, характеризуется динамическим сопротивлением

Для идеального стабилизатора $R_D = 0$.

$$U_{\text{стаб.}} = 3 \div 200 \text{ В}$$

- Ещё один паспортный параметр – ТКН (температурный коэффициент напряжения). Показывает на сколько вольт (или на сколько процентов) изменяется $U_{\text{стаб}}$ при изменении температуры на один градус Цельсия.

Полупроводниковые диоды

Идеальная ВАХ p – n -перехода описывается выражением

$$I = I_0 \left(e^{U/V_t} - 1 \right)$$

$V_t = kT/e$ – температурный потенциал;

k – постоянная Больцмана;

T – абсолютная температура в градусах Кельвина;

e – заряд электрона.

При комнатной температуре (20°C) $V_t = 25.2 \text{ мВ}$. Для упрощения расчетов полагают, что при комнатной температуре $V_t = 25 \text{ мВ}$.

Полупроводниковые диоды

Ток I_0 называют *тепловым, или обратным, током насыщения*. Величина этого тока зависит от материала, площади p - n -перехода и от температуры.

Типичные значения I_0 : от 10^{-12} до 10^{-16} А. Обратный ток диода зависит от температуры. У кремниевых диодов он удваивается при увеличении температуры приблизительно на 7°C . На практике считают, что обратный ток кремниевых диодов увеличивается в 2,5 раза при увеличении температуры на каждые 10°C .

Полупроводниковые диоды

Если прямое напряжение перехода $U > 0.1$ В,

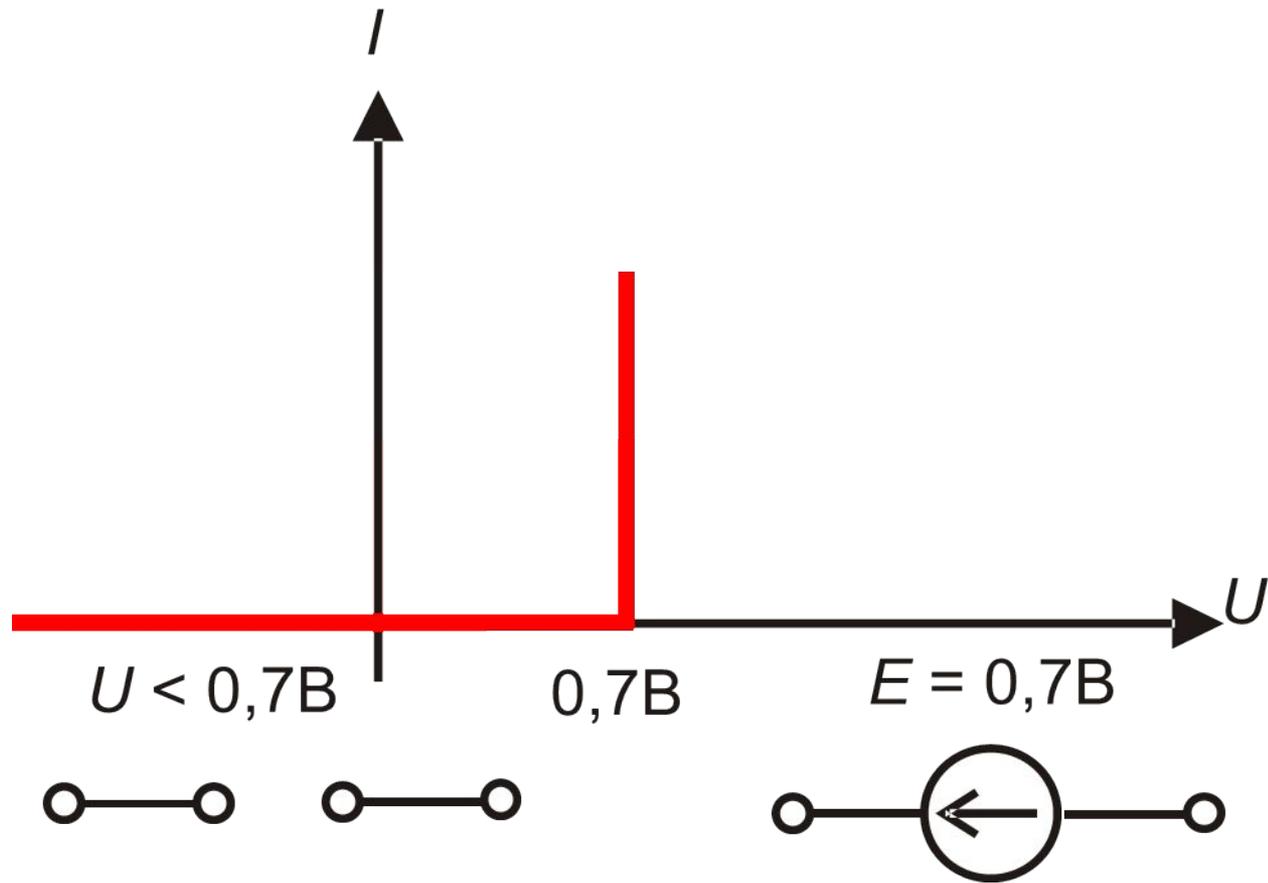
то $e^{U/v_t} \gg 1$, и уравнение диода можно

записать в упрощенном виде:

$$I \approx I_0 e^{U/v_t} = I_0 e^{40U} .$$

Анализ цепей с диодами

Более точная модель диода:



Анализ цепей с диодами

При анализе цепей с идеальными диодами можно использовать следующую процедуру.

1. На первом шаге полагаем, что все диоды смещены в прямом направлении, и заменяем их короткими замыканиями.

2. Анализируем полученную схему и определяем направления токов через диоды. Если направление тока, полученное в результате расчета, совпадает с прямым током диода, оставляем короткое замыкание, если нет – заменяем его разрывом.

3. Анализируем цепь, полученную на втором шаге, и находим фактические значения напряжений и токов.