



Лекция 1: Элементы электроники

Физические основы полупроводников и простейшие элементы



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Электронные учебные курсы

e.vyatsu.ru



Кафедра электрических машин и аппаратов (ОРУ)
Электроника



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Список литературы

1. Электротехника [Электронный учебник] : учебное пособие. Т. 1, Т. 2 : Электротехника / В. Л. Лихачев. - 2010. - 553 с.
2. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс) [Текст] : учеб. / Ю. Ф. Опадчий ; авт.: Глудкин О.П., Гуров А.И. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2007. - 768 с.
3. Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Белов, Ю. С. Волков ; рец. : М. А. Ермилов, В. Е. Шатерников. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. - 432 с.
4. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника [Текст] : учеб. / В. Г. Гусев; авт. Гусев Ю.М. - 5-е изд., стереотип. - Москва : Высшая школа, 2008. - 798 с.
5. Кучумов, А. И. Электроника и схемотехника [Текст] : учеб. пособие / А. И. Кучумов. - 4-е изд., стер. - Москва : Гелиос АРВ, 2011. - 336 с.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Этапы развития электроники

1 этап – до 1904 г. (лампа накаливания с угольным стержнем, открытие явление термоэлектронной эмиссии, открытие выпрямительного эффект в контакте металла с полупроводником).

2 этап – до 1948 г.– период развития вакуумных и газоразрядных электроприборов.

3 этап – с 1948 г. – период создания и внедрения дискретных полупроводниковых приборов.

4 этап – с 1960 г. – период развития микроэлектроники (интегральные микросхемы).

5 этап – с 80–х годов развивается функциональная электроника, позволяющая реализовать определенную функцию аппаратуры без применения стандартных базовых элементов (диодов, резисторов, транзисторов и т.д.), базируясь непосредственно на физических явлениях в твердом теле.

6 этап – в последние годы развивается новое направление – наноэлектроника. Нанотехнологии позволяют манипулировать атомами (размещать в каком–либо порядке или в определенном месте), что дает возможность конструировать новые приборы с качественно новыми свойствами.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Изделия электроники

Дискретные элементы

Активные

- диоды
- транзисторы
- тиристоры

Пассивные

- резисторы
- конденсаторы
- индуктивности
- трансформаторы

Интегральные схемы (ИС)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

По виду энергии на входе и выходе
электронные приборы подразделяются:

Электропреобразовательные:
на входе и выходе -
электрические сигналы

Электросветовые:
на входе - электрический
сигнал, на выходе -
оптический

Фотоэлектрические:
на входе - оптический
сигнал, на выходе -
электрический

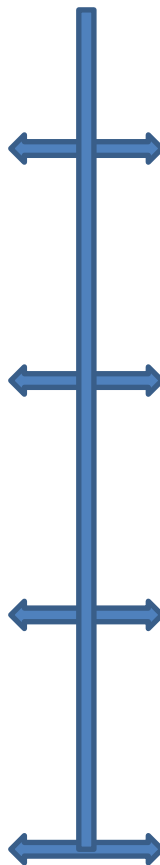
Акустоэлектрические:
на входе - акустический
сигнал, на выходе -
электрический

Термоэлектрические:
на входе - тепловой
сигнал, на выходе -
электрический

Магнитоэлектрические

Механоэлектрические

Оптоэлектронные





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

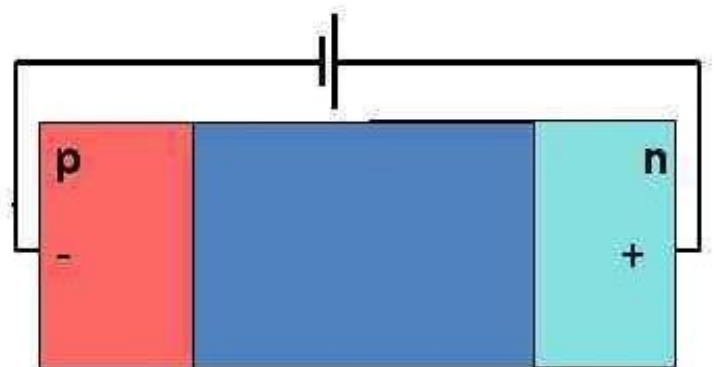
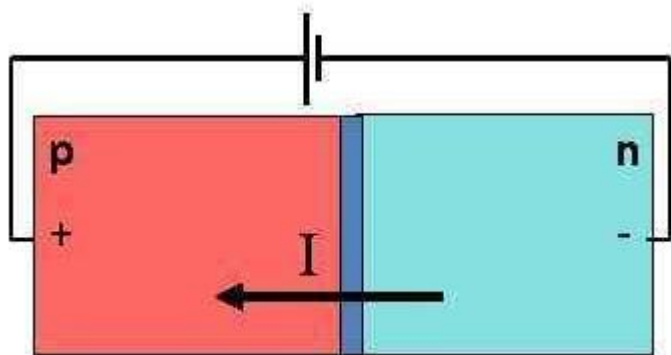
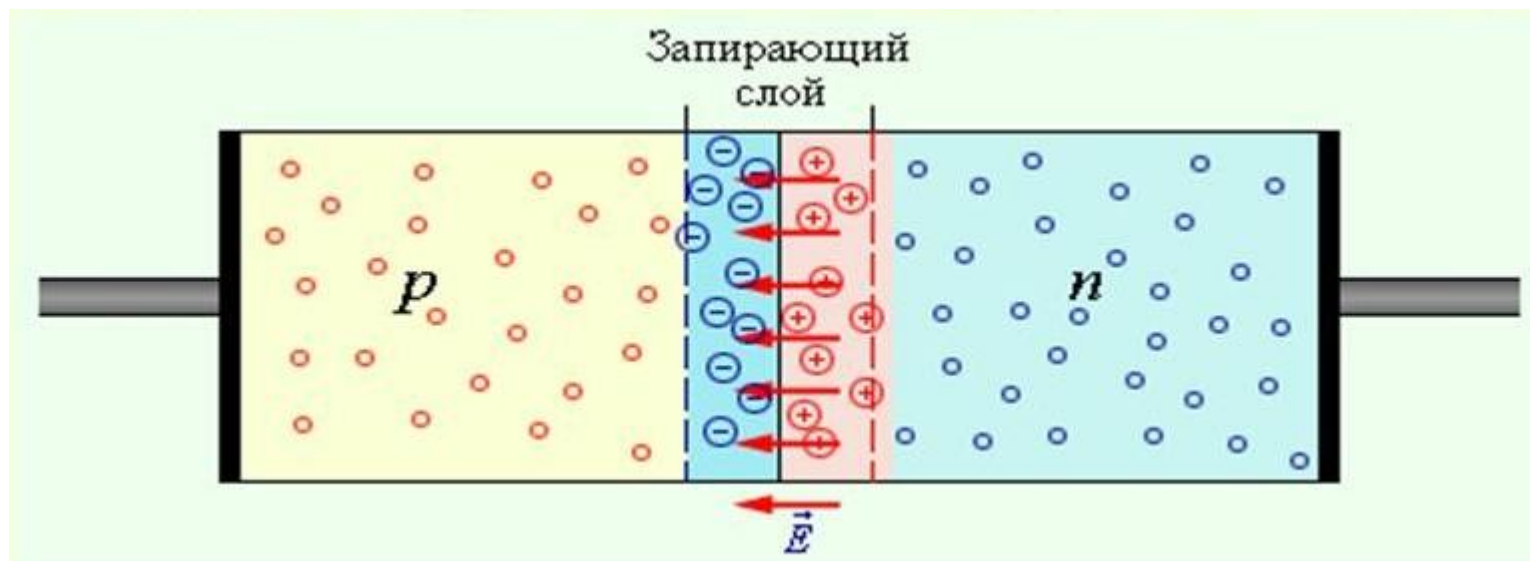
Режимы работы электронных устройств:

- **Статический:** параметры прибора не изменяются во времени
- **Динамический:** один или несколько параметров изменяются во времени
- **Квазистатический:** параметры режима изменяются во времени медленно (в любой момент времени несущественно отличаются от статических)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

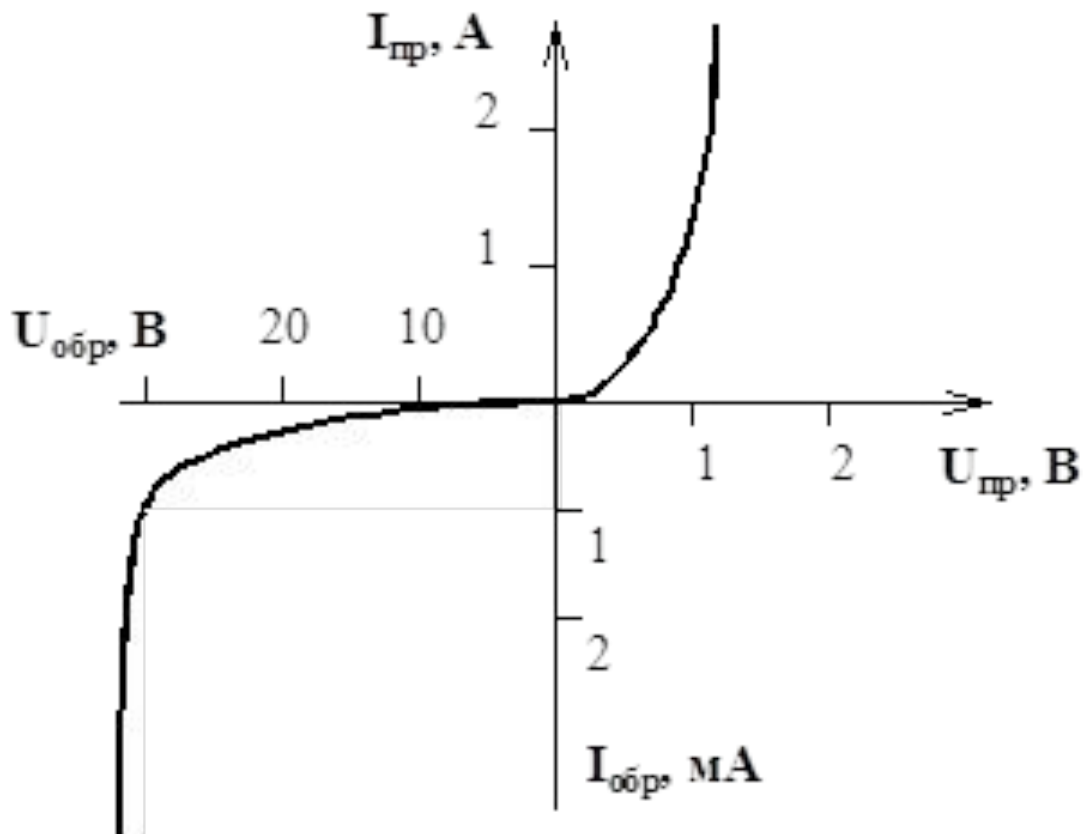
Образование электронно-дырочного перехода





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) перехода



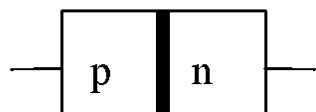


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Диоды

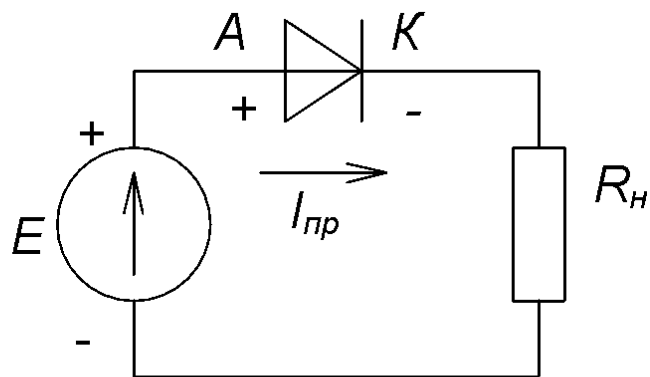
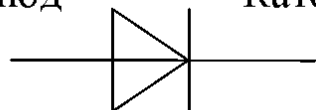
Устройство диода

переход

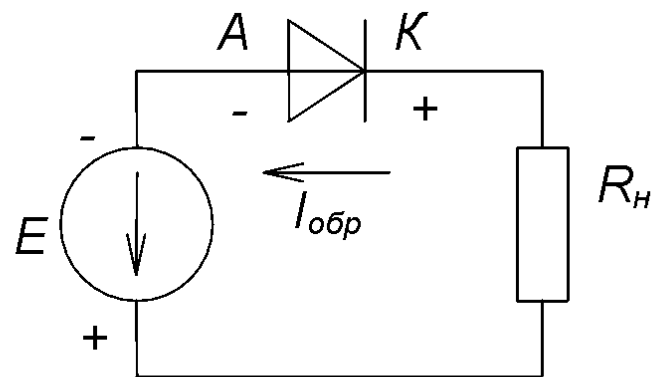


Анод

Катод

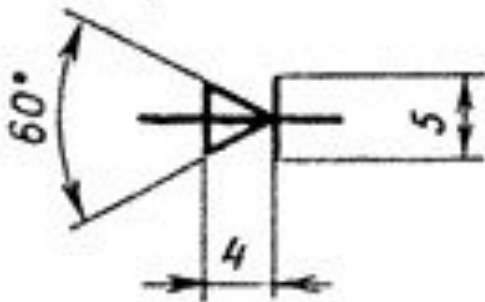


Прямое включение



Обратное включение

Диод
полупроводниковый



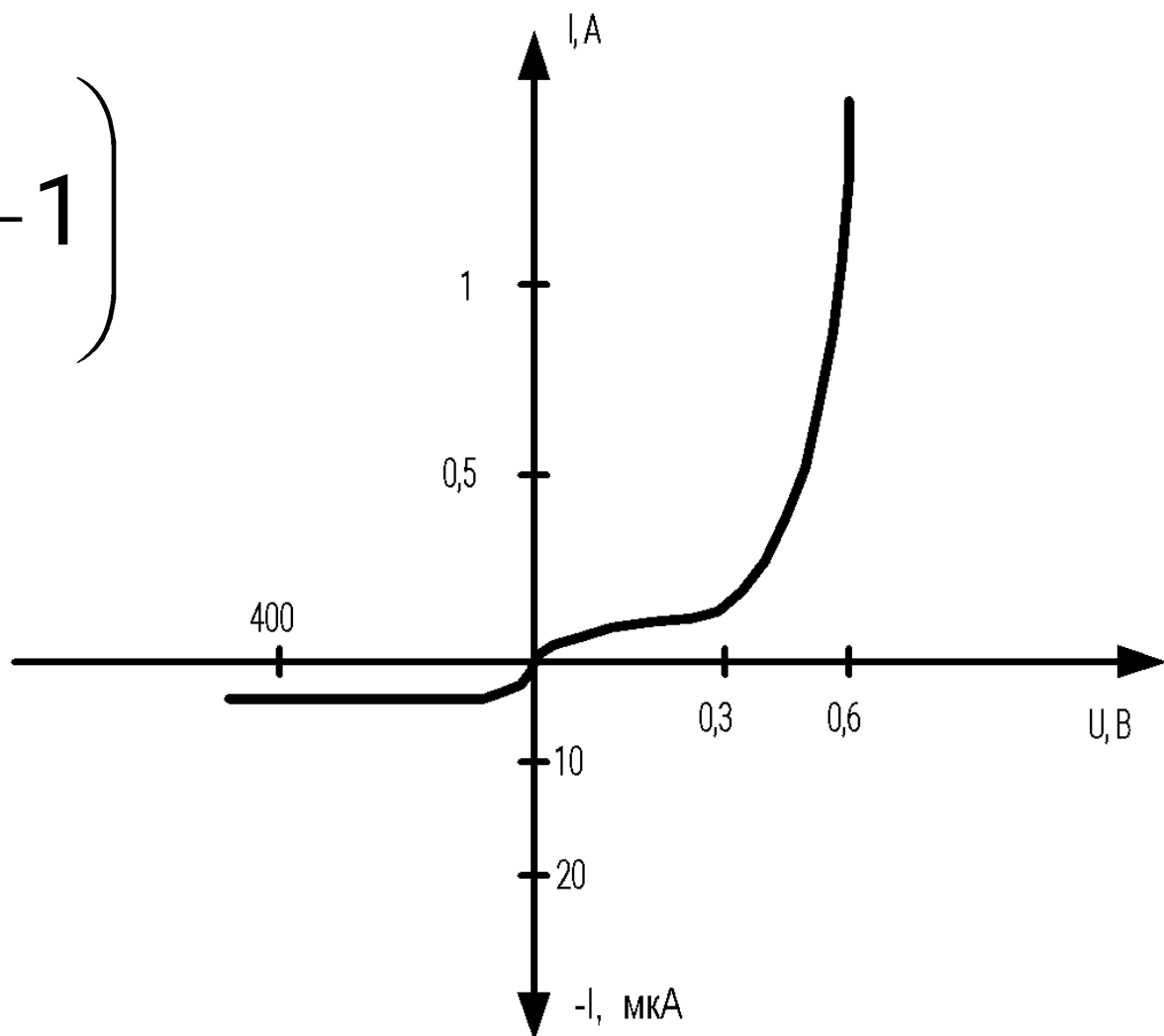
$K_v = I_{пр} / I_{обр}$ – коэффициент выпрямления



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ВАХ диода

$$I_{\text{пер}} = I_0 \cdot \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right)$$

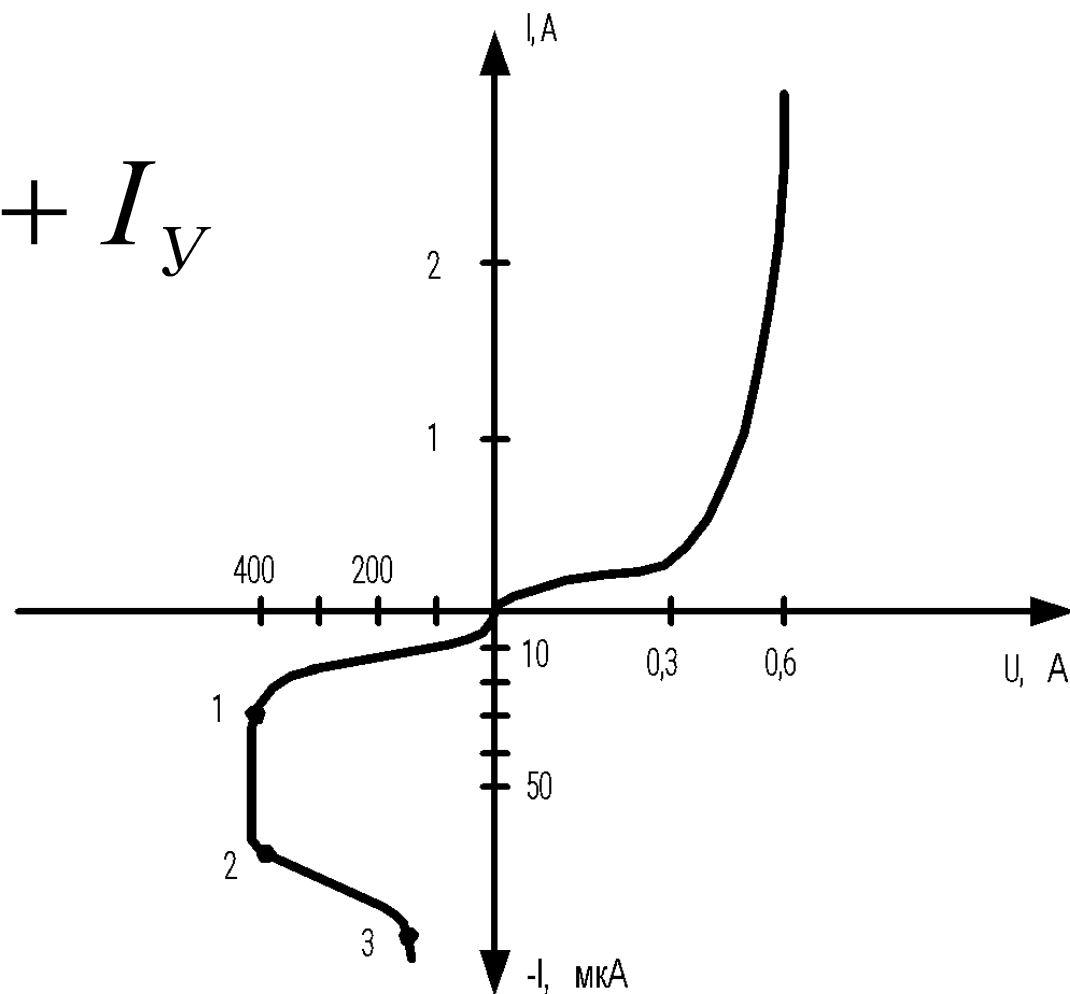




ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ВАХ реального диода

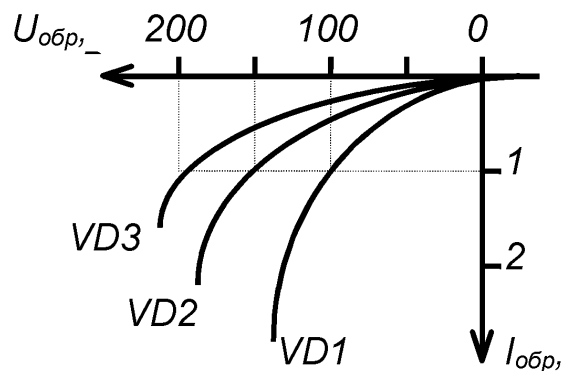
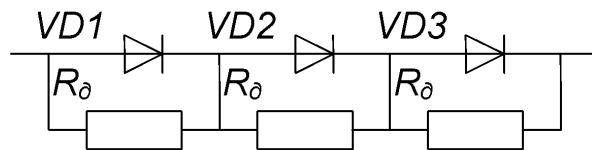
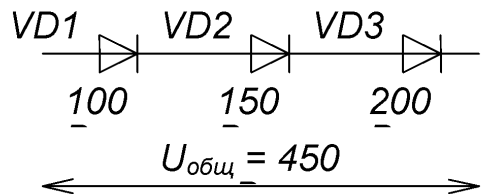
$$I_{обр} = I_0 + I_{\Gamma} + I_{y}$$



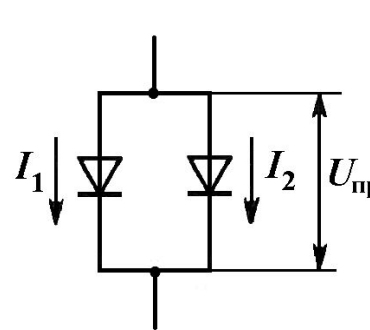


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

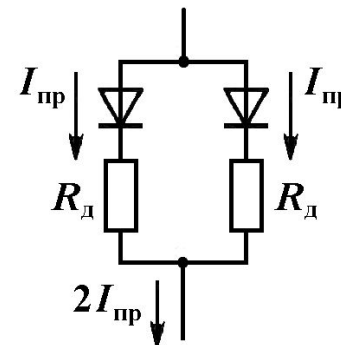
Последовательное и параллельное соединение диодов



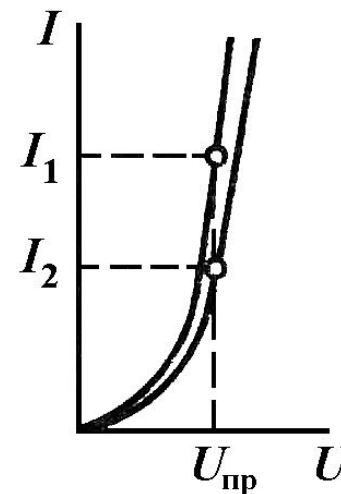
$$R_d = \frac{U}{U \cdot 10 / I_{обр}}$$



а)



б)



$$R_d = 0,1 / I$$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Проверка работоспособности диода





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Тиристоры





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

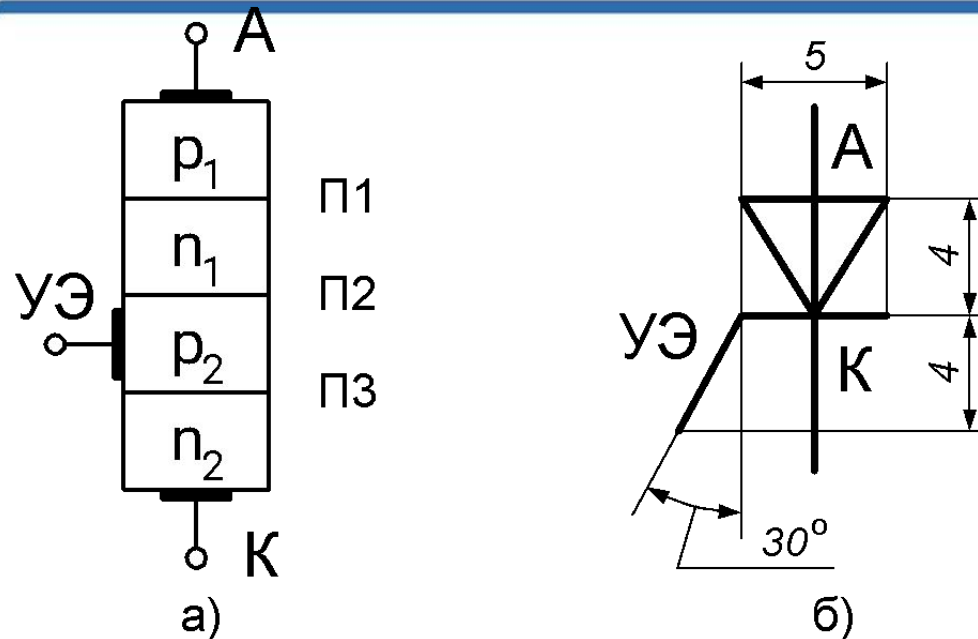


Рис. 1. Четырёхслойная р-п-р-п структура тиристора (а) и его условно-графическое изображение на электрических принципиальных схемах (б)

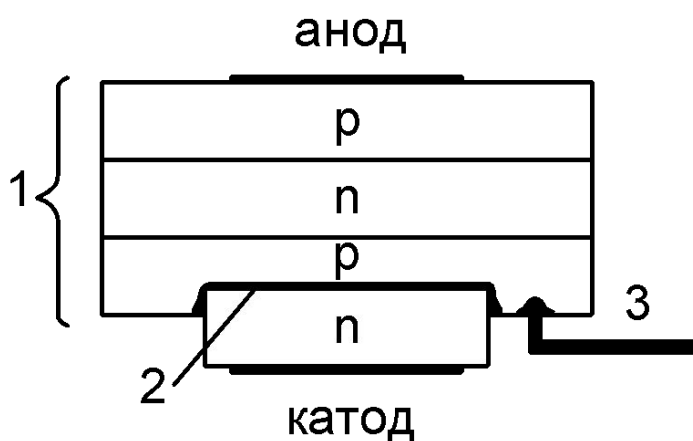


Рис. 2. р-п-р-п - структура, полученная диффузионно-сплавным методом. 1 - р-п-р-п - таблетка, полученная двусторонней диффузией; 2 - катодный слой, полученный сплавлением в р-п-р-п - таблетку металла, дающего примесь п-типа; 3 - припаянный вывод управляющего электрода



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

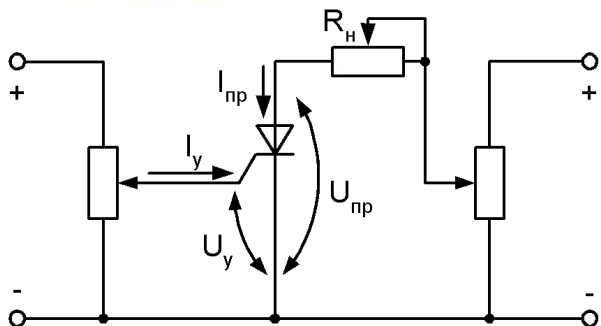


Рис. 4. Схема прямого включения тиристора для снятия ВАХ при различных токах управления

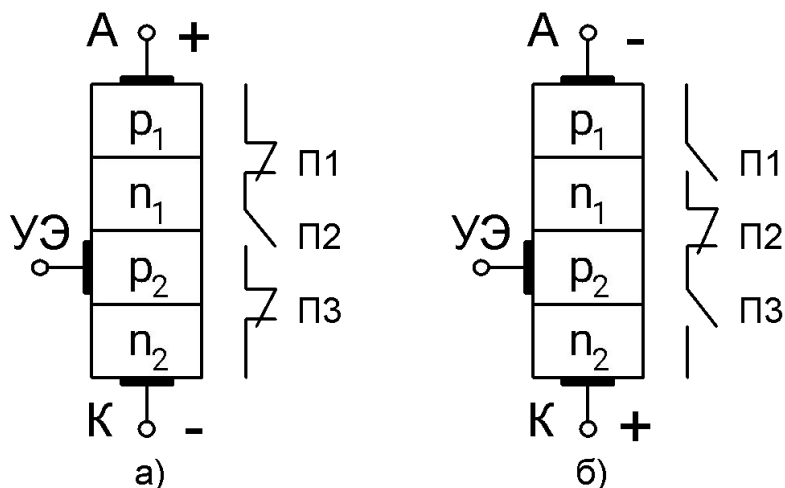


Рис. 5. Состояние р-п переходов четырёхслойной структуры тиристора при прямом приложенном напряжении (а) и при обратном (б)

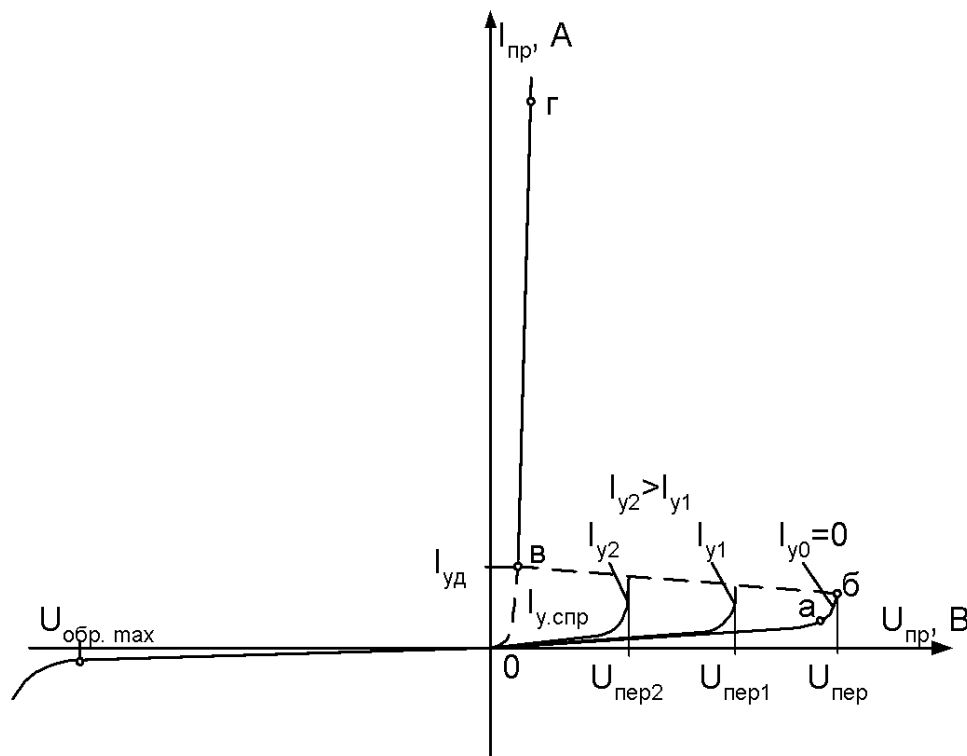


Рис. 6. ВАХ тиристора при различных токах управления



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Потери за счёт прямого падения напряжения при протекании прямого тока (основные в устройствах промышленной частоты);

Потери за время переключения тиристора (коммутационные или динамические потери), преобладают в устройствах повышенной частоты (преобразователях частоты), устройствах с большим значением di/dt .

Потери в цепи управляющего электрода (потери управления);

Потери в тиристорах

Потери от тока утечки в прямом направлении (при закрытом тиристоре);

Потери от тока утечки в обратном направлении (при обратном напряжении).



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Проверка работоспособности тиристора

