



Лекция 11

Тема Лекции: Тиристоры

*к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы*

Цель лекции:

Изучить устройство, физические принципы работы и характеристики тиристоров, рассмотреть разновидности тиристорных приборов, особенности их коммутационных свойств и области применения в импульсной, силовой и регулируемой электронике.

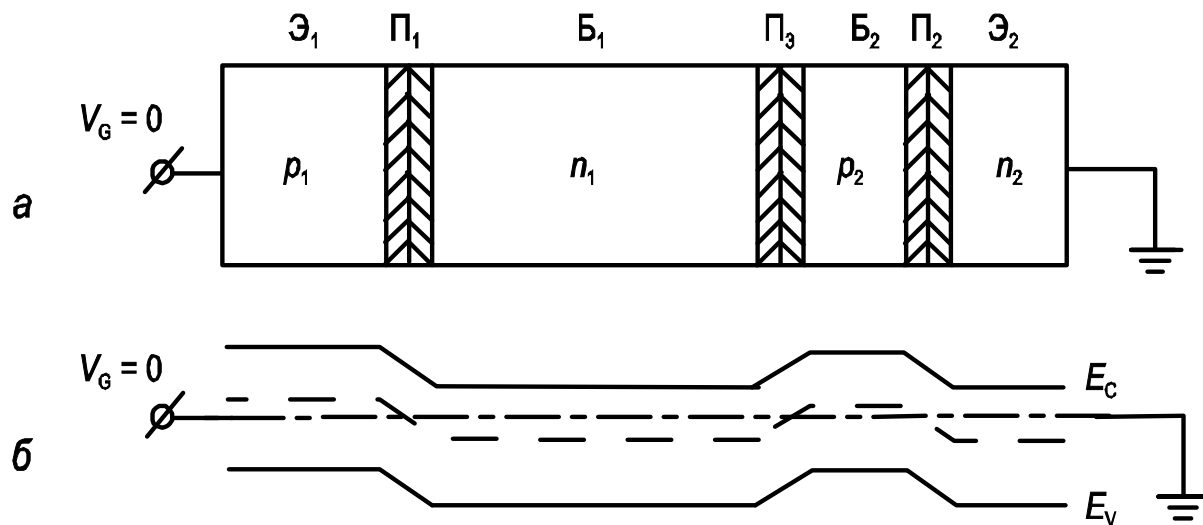
Основные вопросы:

1. Понятие и назначение тиристора (тринистора).
2. Конструкция и р–п–р–п структура тиристора.
3. Принцип действия и физические процессы при включении и выключении.
4. Вольтамперная характеристика тиристора и её основные участки.
5. Эквивалентная транзисторная схема тиристора и условие включения.
6. Режимы работы тиристора: запертое, переходное и проводящее состояния.
7. Основные параметры: ток удержания, ток срабатывания, напряжение включения.
8. Типы тириستоров (SCR, триак, диак, оптоотиристор) и их особенности

Тиристор – это полупроводниковый прибор с тремя и более ***p-n* переходами**, вольт-амперная характеристика которого имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением и который используется для переключения.

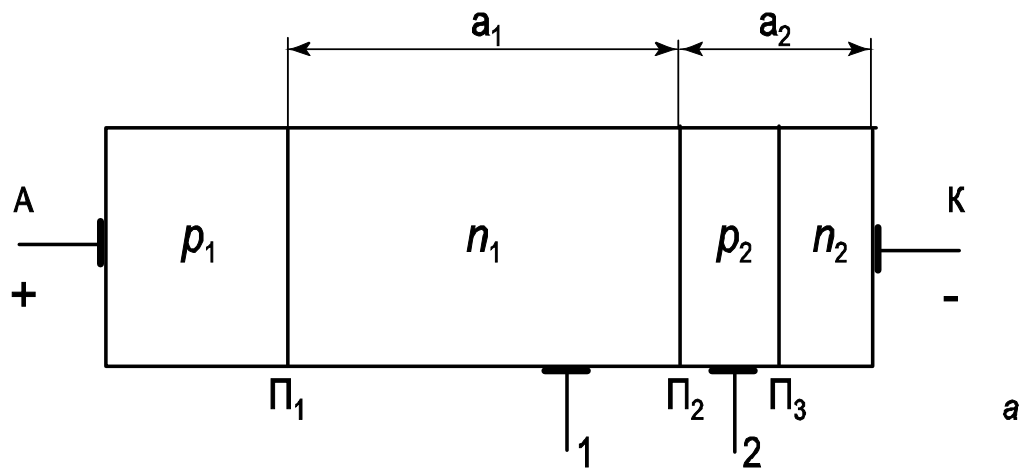
Тиристор представляет собой четырехслойный $p_1-n_1-p_2-n_2$ прибор, содержащий три последовательно соединенных ***p-n* перехода** (P_1 , P_2 и P_3). Обе внешние области называют эмиттерами ($\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$), а внутренние области – базами (B_1 , B_2) тиристора. Переходы P_1 и P_2 называются эмиттерными, переход P_3 – коллекторный переход.

Схема диодного тиристора

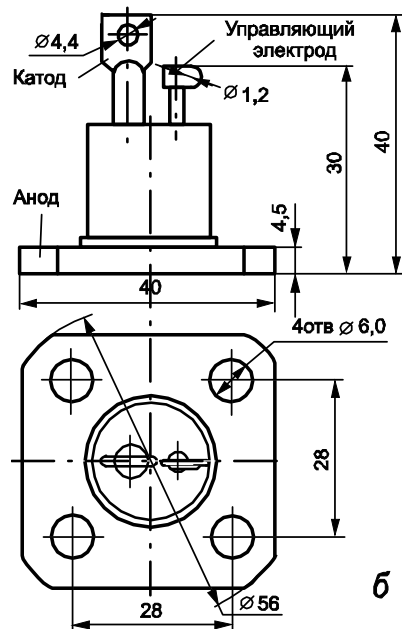


а) структура диодного тиристора; б) зонная диаграмма

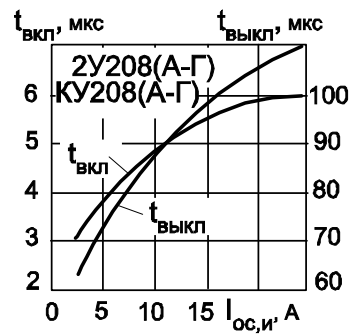
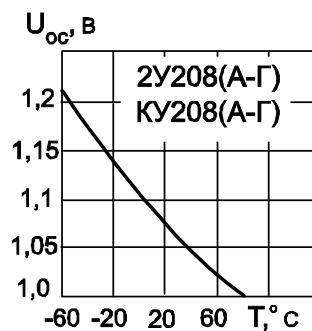
Прибор без управляющих электродов работает как двухполюсник и называется **диодным тиристором (динистором)**. Прибор с управляющим электродом является трехполюсником и называется **триодным тиристором**



Управляющие электроды



б



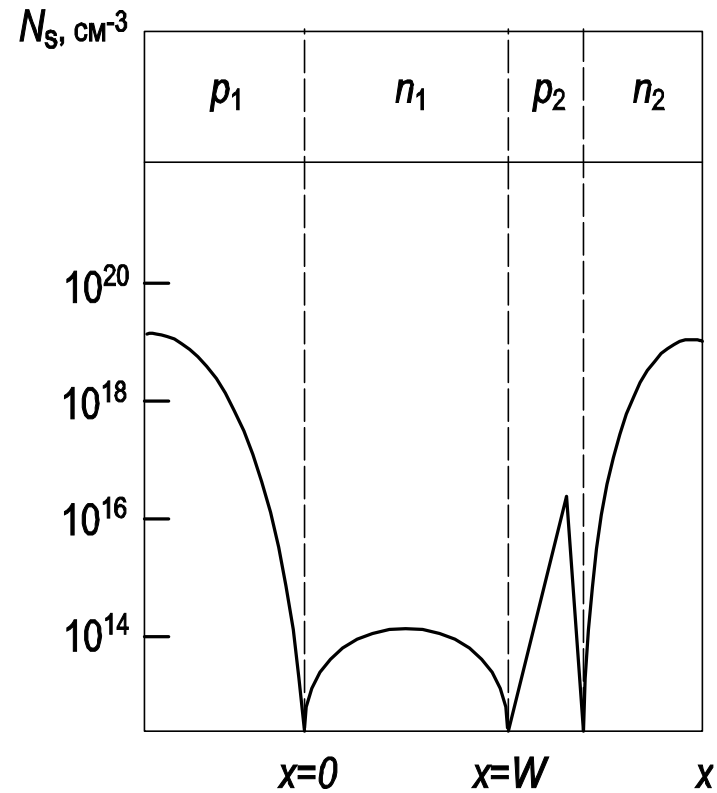
в

**Схема (а)
приборная реализация (б) и
характеристики (в) триодного тиристора**

При создании тиристора в качестве исходного материала выбирается подложка ***n*-** или ***p*-типа**. Типичный профиль легирующей примеси в диффузионно-сплавном приборе показан на рисунке.

В качестве исходного материала выбрана подложка ***n*-типа**. Диффузией с обеих сторон подложки одновременно создают слои ***p*₁** и ***p*₂**. На заключительной стадии путем сплавления (или диффузии) с одной стороны подложки создают **слой *n*₂**. Структура полученного тиристора имеет вид ***p*₁⁺-*n*₁-*p*₂-*n*₂⁺**.

Профиль концентрации легирующей примеси (N_s) в эмиттерах и базах тиристора

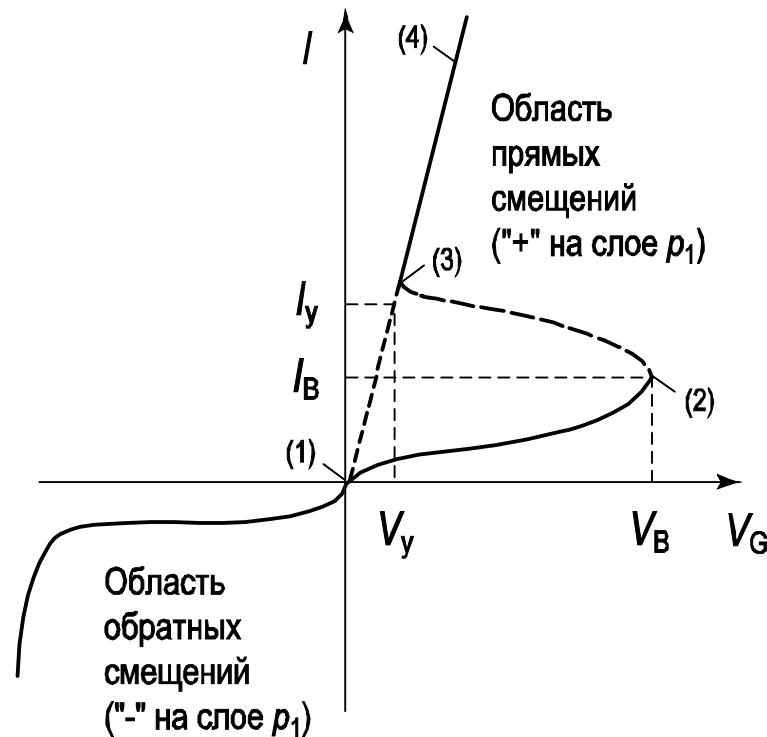


Вольт-амперная характеристика тиристора

При достижении **напряжения** V_G , называемого напряжением **включения** $U_{вкл}$, или **тока** J , называемого **током включения** $J_{вкл}$,

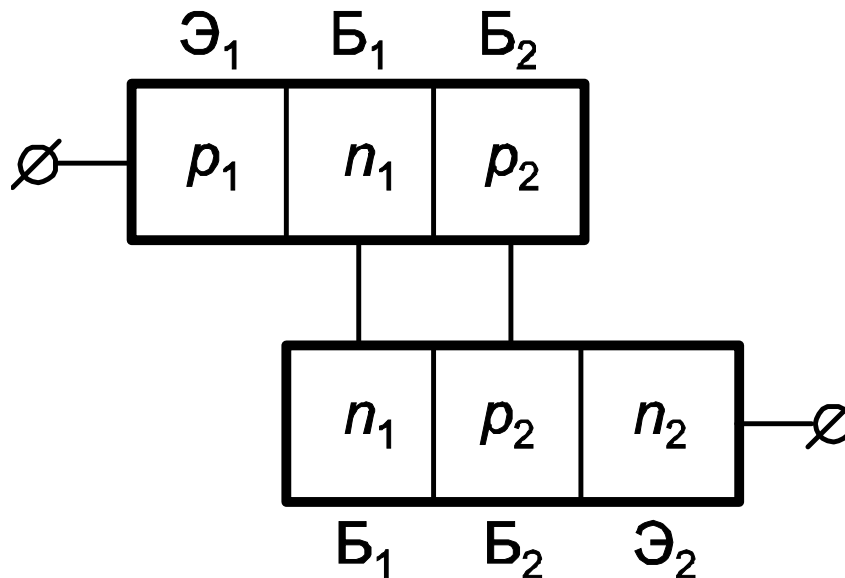
ВАХ тиристора переходит на участок между точками 3 и 4, соответствующий открытому состоянию (низкое сопротивление).

Между точками 2 и 3 находится переходный участок характеристики с отрицательным дифференциальным сопротивлением, не наблюдаемый на статических ВАХ тиристора



Феноменологическое описание ВАХ динистора

Для объяснения ВАХ динистора используют двухтранзисторную модель. Из рисунка следует, что тиристор можно рассматривать как соединение р-п-р транзистора с п-р-п транзистором, причем коллектор каждого из них соединен с базой другого. Центральный переход действует как коллектор дырок, инжектируемых переходом Π_p , и как коллектор электронов, инжектируемых переходом Π_n .



Двухтранзисторная модель диодного тиристора

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Что называется тиристором и какова его структура?
2. Чем тиристор отличается от диода и транзистора?
3. Как работает тиристор в запертом и открытом состоянии?
4. Объясните условие включения $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$
5. Какие параметры определяют вольтамперную характеристику тиристора?
6. Что называют током удержания и током срабатывания?
7. Какие существуют типы тиристоров и чем они различаются?
8. Где применяются тиристоры в современной электронике?

Список литературных источников:

1. Соколов В. И. Физика и технология полупроводников. — М.: МИФИ, 2018.
2. Трифонов Е. Н. Электронные процессы в твёрдых телах. — М.: Наука, 2015.
3. Millman, J., Halkias, C. Electronic Devices and Circuits. — McGraw-Hill, 2010.
4. Streetman, B. G., Banerjee, S. Solid State Electronic Devices. — Prentice Hall, 2016