

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.

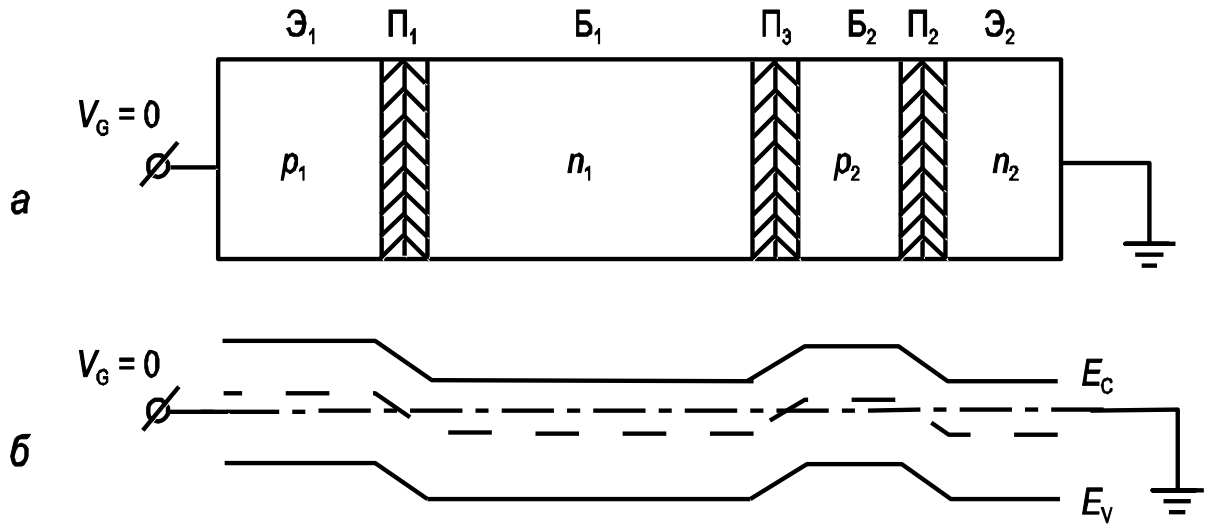
Основные вопросы:

1. Понятие и назначение тиристора (тринистора).
2. Конструкция и p–n–p–n 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 тиристоров (SCR, триак, диак, оптотиристор) 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.**

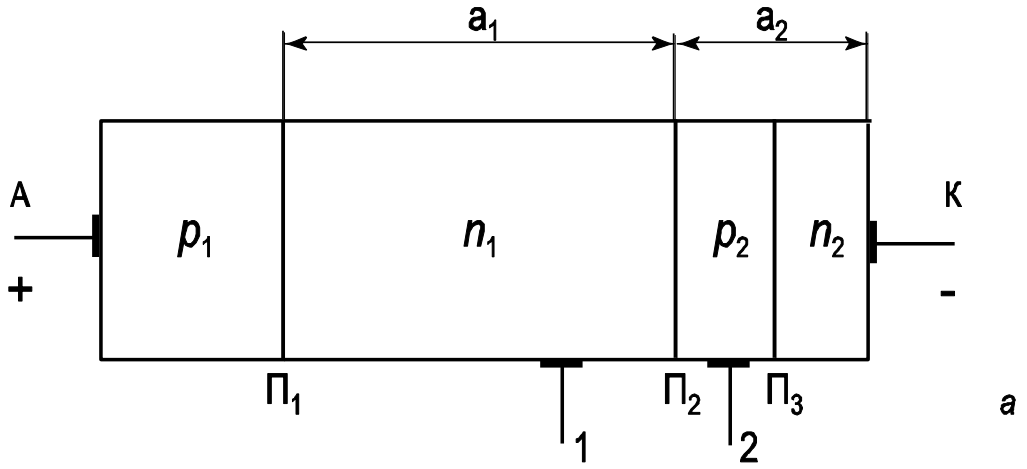
Тиристор представляет собой четырехслойный p_1-n_1-p_2-n_2 прибор, содержащий три последовательно соединенных p-n перехода ($П_1$, $П_2$ и $П_3$). Обе внешние области называют эмиттерами ($Э_1$, $Э_2$), а внутренние области – базами ($Б_1$, $Б_2$) тиристора. Переходы $П_1$ и $П_2$ называются эмиттерными, переход $П_3$ – коллекторный переход.

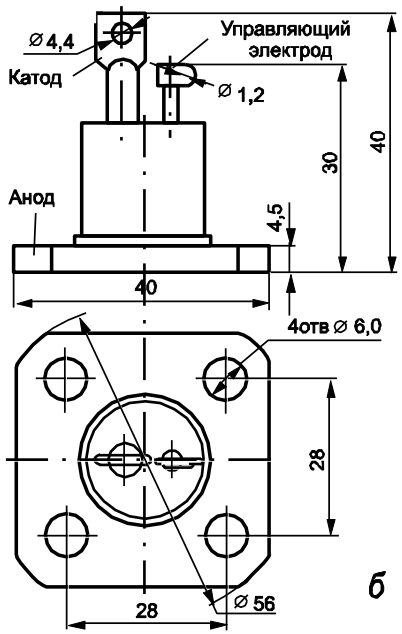
Схема диодного тиристора

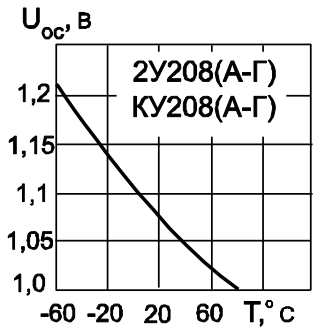


***а*) структура диодного тиристора; *б*) зонная диаграмма**

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







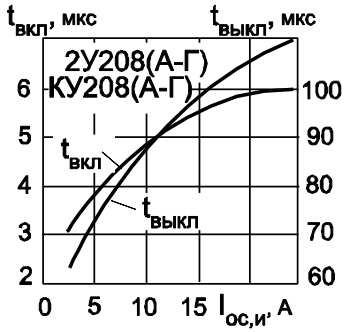
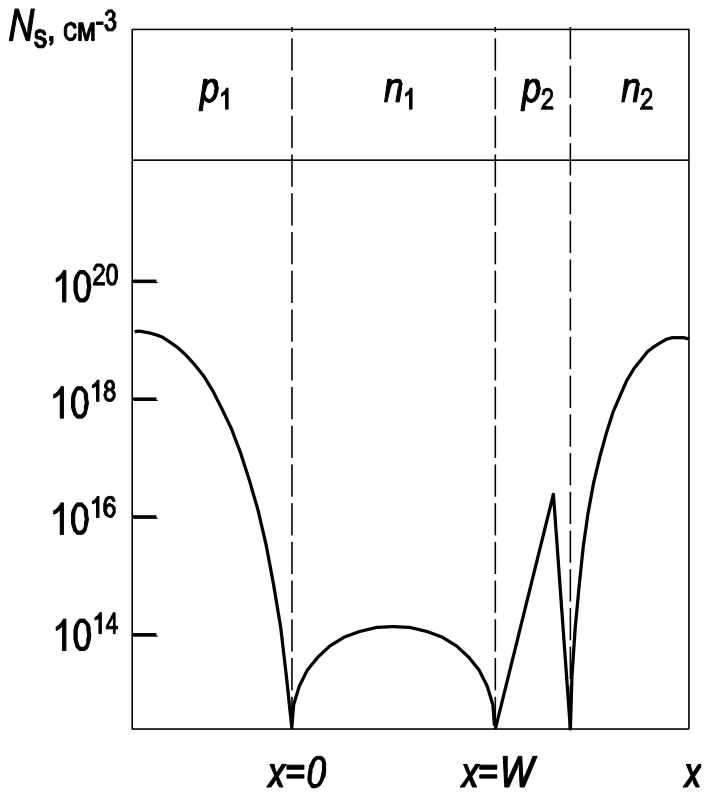


Схема (*а*)
приборная реализация (*б*) и
характеристики (*в*) триодного тиристора

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

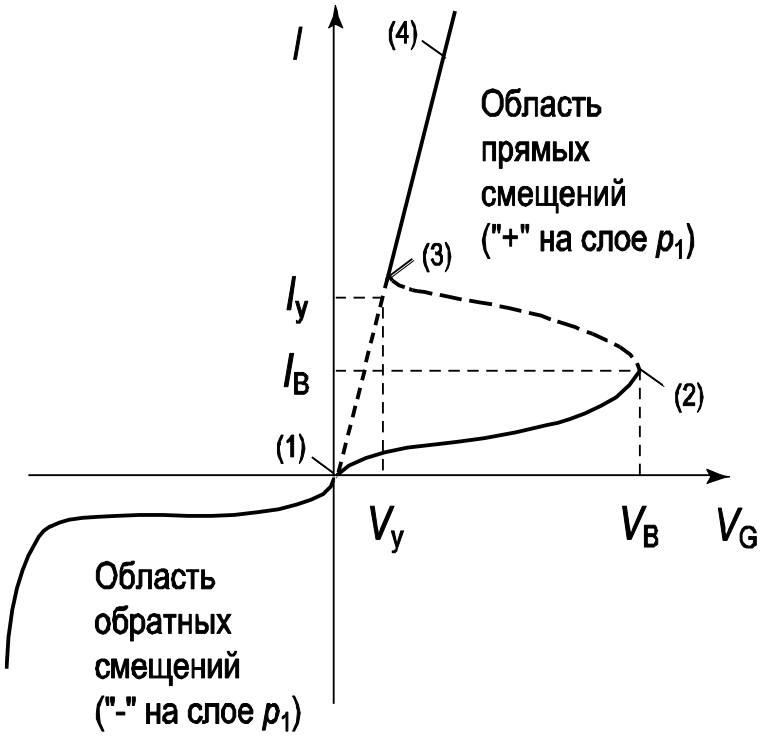
В качестве исходного материала выбрана подложка *n*-типа. Диффузией с обеих сторон подложки одновременно создают слои p_1 и p_2. На заключительной стадии путем сплавления (или диффузии) с одной стороны подложки создают слой n_2. Структура полученного тиристора имеет вид p_1^+-n_1-p_2-n_2^+.

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



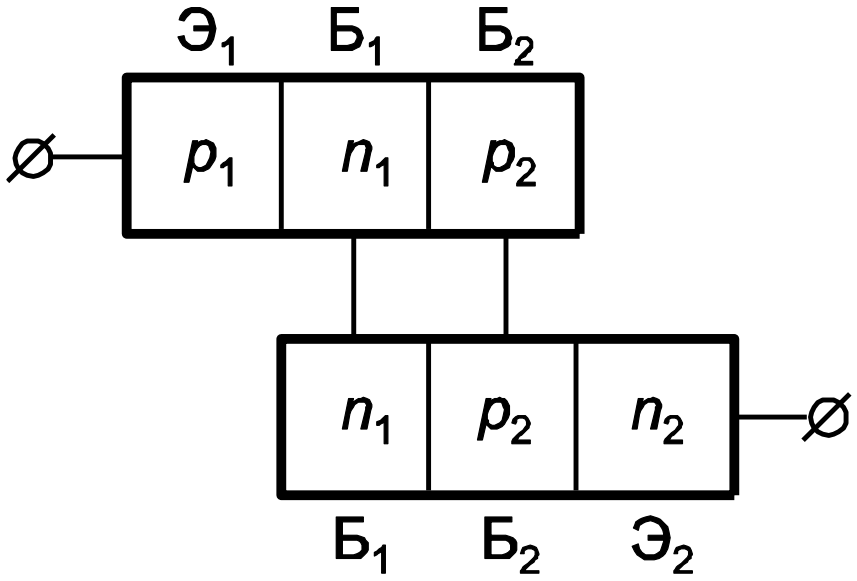
Вольт-амперная характеристика тиристора

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 p-n-p транзистора с n-p-n транзистором, причем коллектор каждого из них соединен с базой другого. Центральный переход действует как коллектор дырок, инжектируемых переходом $П_1$, и как коллектор электронов, инжектируемых переходом $П_2$.



Двухтранзисторная модель диодного тиристора

Выводы лекции:

Структура и принцип: Тиристор (p"–" n"–" p"–" n структура) представляет собой управляемый полупроводниковый ключ, работающий на основе внутренней положительной обратной связи (эквивалентная модель двух транзисторов при $\alpha_1+\alpha_2\geq1$).

Вольтамперная характеристика: S-образная ВАХ определяет три основных состояния прибора — запертое (высокое сопротивление), переходное (участок ОДС) и открытое проводящее.

Ключевые параметры: Переключение и стабильная работа задаются напряжением включения, током срабатывания управляющего электрода и током удержания в открытом состоянии.

Разновидности приборов: Семейство включает однонаправленные тринисторы (SCR), симметричные симисторы (триаки), динисторы (диаки) и оптотиристоры с гальванической развязкой.

Практическое применение: Высокая коммутируемая мощность и малые потери делают тиристоры базовыми элементами силовой, импульсной и регулируемой электроники.

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