


# Тиристоры





***Тиристором*** называют полупроводниковый прибор, состоящий из четырех последовательно чередующихся областей с различным типом проводимости, обладающий бистабильной характеристикой. Тиристоры способны управляемо переключаться из одного состояния в другое. В первом состоянии тиристор имеет высокое сопротивление и малый ток (*закрытое состояние*), в другом – низкое сопротивление и большой ток (*открытое состояние*).

# Структура тиристора

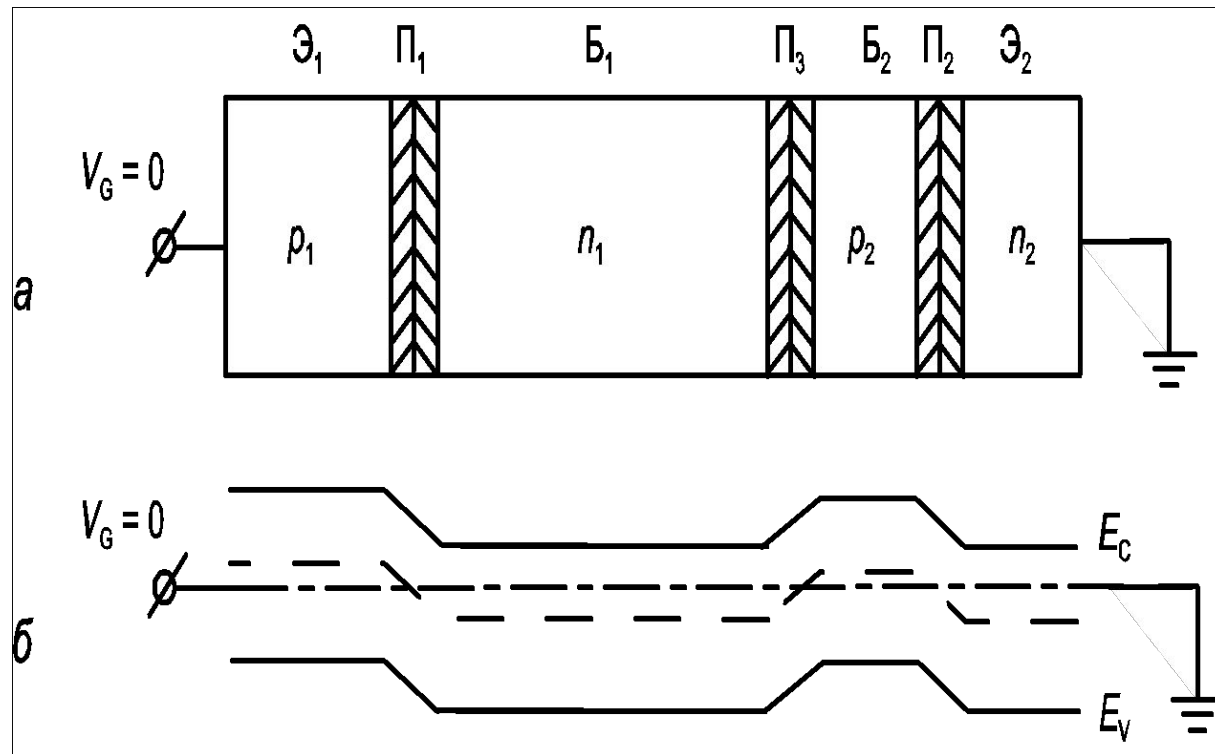



Схема диодного тиристора:

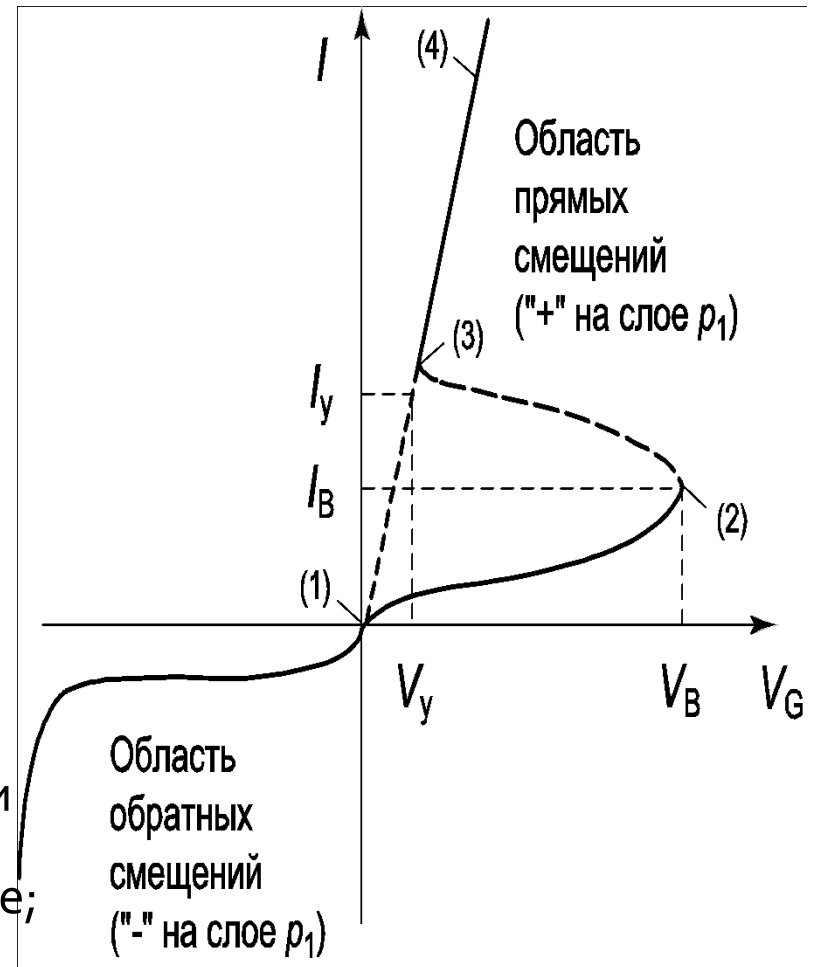
а) структура диодного тиристора; б) зонная диаграмма



Перевод тиристора из закрытого состояния в открытое в электрической цепи осуществляется внешним воздействием на прибор: либо воздействием напряжением (током), либо светом (фототиристор). Тиристор имеет нелинейную разрывную вольтамперную характеристику (ВАХ).

# ВАХ диодного тиристора

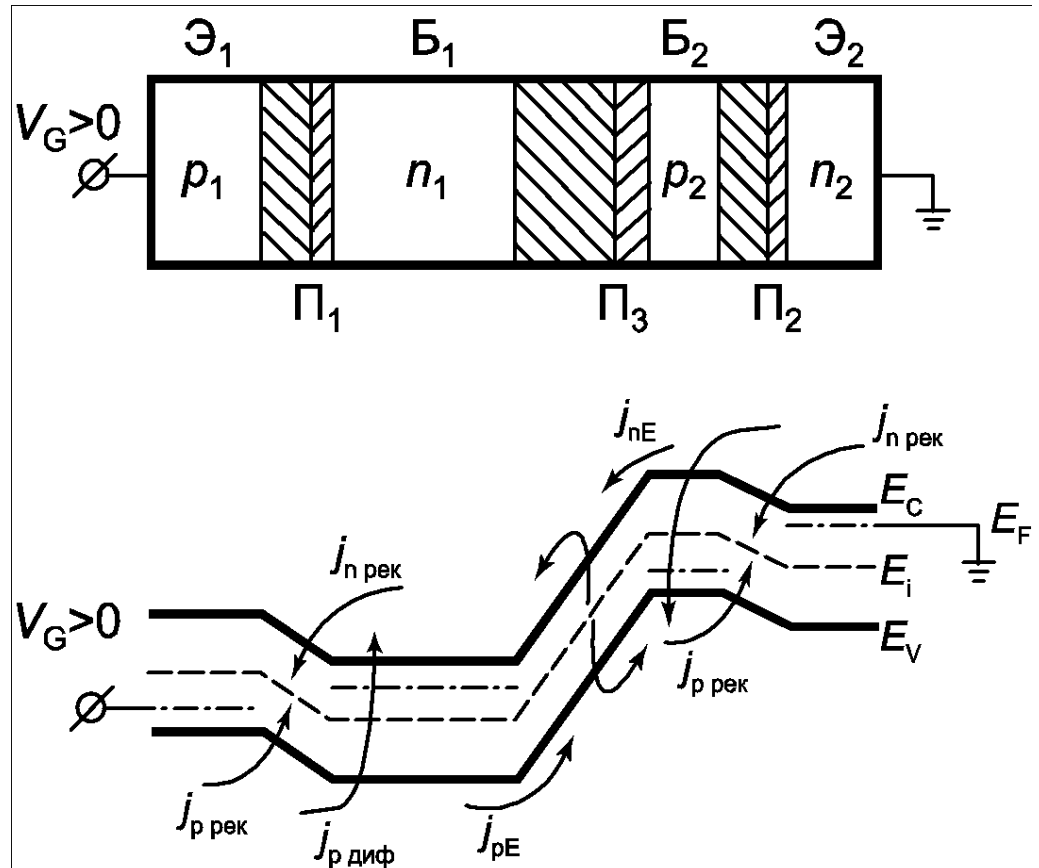
- Между точками 1 и 2 находится участок, соответствующий высокому сопротивлению прибора — прямое запираение.
- В точке 2 происходит включение тиристора.
- Между точками 2 и 3 находится участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
- Участок между точками 3 и 4 соответствует открытому состоянию (прямой проводимости).
- $V_G$  — напряжение между анодом и катодом;  $I_y, V_y$  — минимальный удерживающий ток и напряжение;  $I_B, V_B$  — ток и напряжение включения



# Закрытое состояние

В закрытом состоянии все приложенное напряжение падает на коллекторном переходе  $\Pi_3$  и ток тиристора – это ток обратно смещенного  $p$ - $n$  перехода.

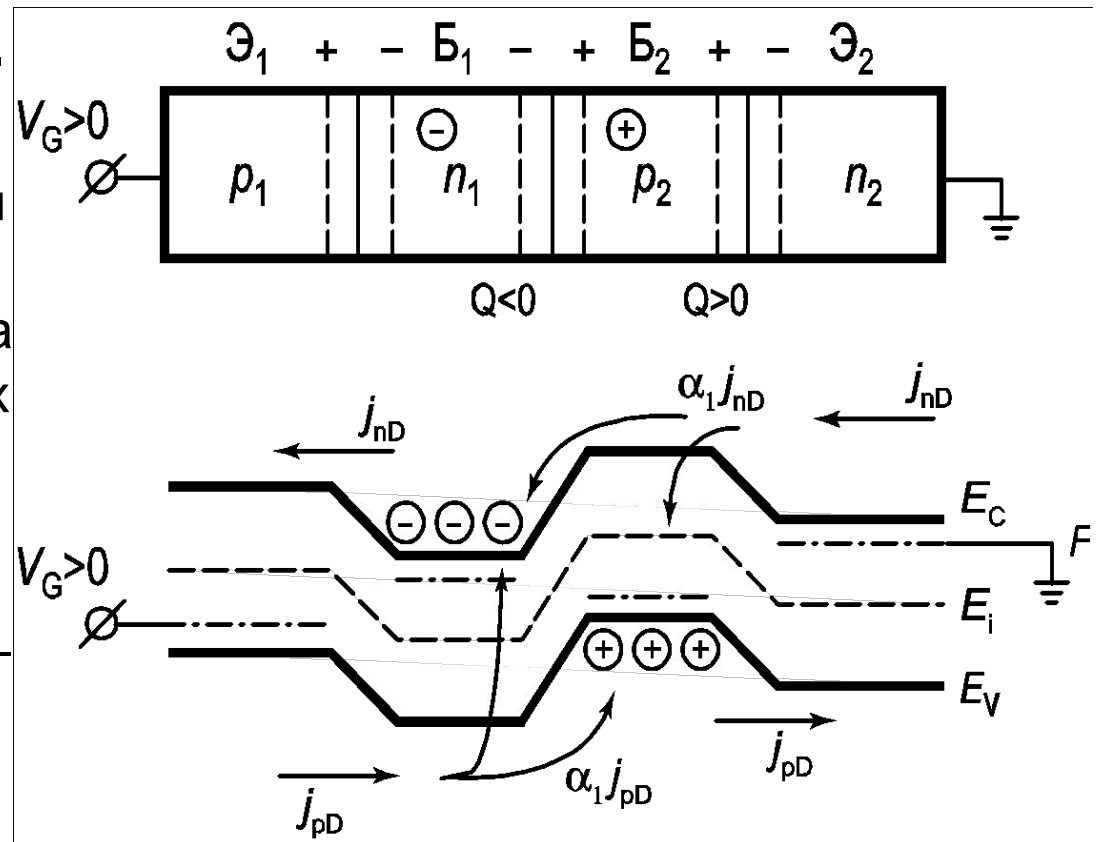
Если полярность напряжения между анодом и катодом сменить на обратную, то переходы  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  будут смещены в обратном направлении, а  $\Pi_2$  – в прямом.




# Открытое состояние

В открытом состоянии все три перехода смещены в прямом направлении. Это происходит вследствие накопления объемных зарядов в базах  $n_1, p_2$  тиристора.

Зонная диаграмма тиристора в открытом состоянии имеет следующий вид, когда на всех  $p-n$  переходах прямое смещение, на  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – за счет внешнего напряжения, и на  $\Pi_3$  – за счет объемных зарядов в базах  $B_1$  и  $B_2$ .





Тиристор имеет 2 устойчивых состояния: малый ток, большое напряжение, высокое сопротивление и большой ток, малое напряжение, малое сопротивление. Переход тиристора из «закрытого» в «открытое» состояние связан с накоплением объемного заряда в базах Б1 и Б2 из-за роста значения коэффициента передачи эмиттерного тока  $\alpha$ , и коэффициента умножения  $M$ .



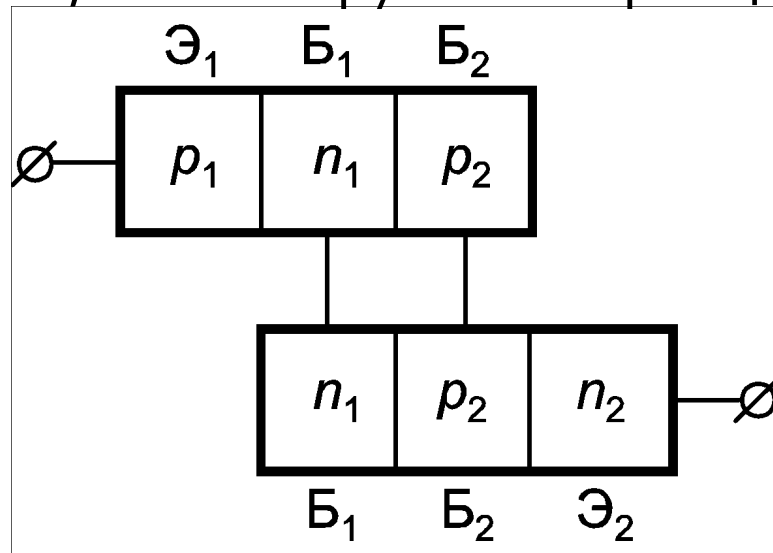
# Динисторы и тринисторы

Тиристор без управляющих электродов работает как двухполюсник и называется **диодным тиристором**, или **динистором**. Тиристор с управляющим электродом является трехполюсником и называется **триодным тиристором**.



# Динистор

Для объяснения ВАХ динистора используют двухтранзисторную модель. 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<sub>1</sub>, и как коллектор электронов, инжектируемых переходом П<sub>2</sub>.



$$I = \frac{MI_{\Pi_3}}{1 - M\alpha}, \quad I = \frac{MI_{\Pi_3}}{1 - M(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

$I_{\Pi_3}$  - обратный ток перехода  $\Pi_3$ ,

$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$  - суммарный коэффициент передачи тока.

ВАХ диодного тиристора на «закрытом» участке, коэффициенты  $M$  и  $\alpha$  зависят от приложенного напряжения  $V_G$ . По мере роста  $\alpha$  и  $M$  с ростом  $V_G$ , когда значение  $M(\alpha_1 + \alpha_2)$  станет равно 1, из уравнения следует, что ток  $I$  устремится к  $\infty$ . Это условие и есть условие переключения тиристора из состояния «закрыто» в состояние «открыто».

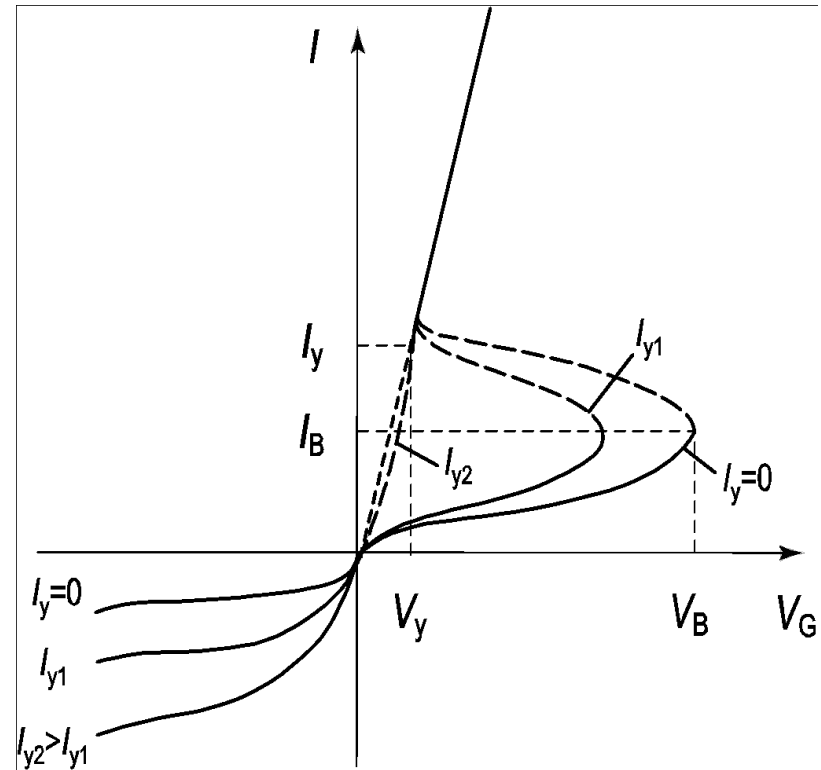
# Тринистор



# ВАХ тринистора

При достаточно больших значениях тока  $I_{упр}$  ВАХ тиристора вырождается в прямую ветвь ВАХ диода. Критическое значение тока  $I_{упр}$ , при котором на ВАХ тиристора исчезает участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением, и тринистор включается, минуя запертое состояние, называется током спрямления.

Таким образом, наличие  $I_{упр}$  принципиально не меняет процессов, определяющих вид ВАХ тиристора, но меняет значения параметров: напряжение переключения и ток переключения.



# Применение тиристоров

- Электронные ключи
- Управляемые выпрямители
- Преобразователи (инверторы)
- Регуляторы мощности (триммеры)