



Командование Воздушно-десантных войск

Воздушно-десантные войска

РВДКУ

имени генерала армии Маргелова В.Ф.



7 гв дшд (г)



76 гв дшд



98 гв вдд



106 гв вдд



11 одшбр



31 гв одшбр



56 гв одшбр



83 одшбр



45 гв оп СпН



38 опс



РВДКУ



242 УЦ ВДВ



УГСВУ

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА



Занятие № 11 Лекция
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМ
ЗАТВОРОМ

Учебные вопросы:

- 1. Устройство, принцип действия МДП (МОП) транзистора с встроенным каналом. Статические характеристики. Режимы работы**
- 2. МДП (МОП) транзисторы с индуцированным каналом. Устройство, принцип действия. Статические характеристики, режимы работы**
- 3. Частотные и импульсные свойства полевых транзисторов**

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Батушев, В. А. Электронные элементы военной техники связи: учеб. для ВУЗов / М.: Воениздат, 1984. – 201-209,213-217,222-233 с.
- 2 Покровский, Ф. Н. Материалы и компоненты радиоэлектронных средств: учеб. пособие для Вузов / Ф.Н. Покровский. – М.: Горячая линия –Телеком, 2005. – 295-297,303-305,310-313 с..
- 3 Аваев, Н. А. [и др.]. Основы микроэлектроники: учебное пособие для ВУЗов / Н.А. Аваев. – М.: Радио и связь, 1991. – 114-123 с.
- 4 Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие / И.П. Степаненко -2-е изд., перераб. и доп.-М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. –275-278 с.
- 5 Васильев, А. И. Основы электроники: учеб. пособие / А.И. Васильев, А.А. Бирюков, В.А. Мысловский В.А. Рязань: РВВДКУ, 2010. – 140-150 с.
- 6 Горошков, Б. И. Электронная техника: учеб пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Б.И. Горошков, А.Б. Горошков. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 54-60 с.

Введение

В данной лекции будут рассмотрены МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналом. Их достоинством является очень малый ток в цепи затвора, высокая радиационная стойкость и высокое входное сопротивление постоянному току (до 10^{12} Ом), малый уровень шумов и высокий диапазон рабочих температур. Они являются униполярными транзисторами, поскольку протекание токов в них обусловлено носителями одного знака. Рассмотрим принцип работы этих транзисторов, их характеристики и схемы включения.

1. Устройство, принцип действия МДП (МОП) транзистора с встроенным каналом.

Статические характеристики. Режимы работы

В полевых транзисторах канал может быть образован в процессе изготовления транзистора, в зависимости от типа проводимости канала различают МДП-транзисторы с встроенным n - или p -каналом (рисунок 1).

Основанием служит кремниевая пластина с электропроводимостью p -типа. В ней созданы две области с электропроводностью n^+ - с повышенной проводимостью (сильно легированы). Эти области являются истоком и стоком, от них сделаны выводы. Между истоком и стоком создан тонкий поверхностный канал с электропроводностью n -типа. Металлическая база изолирована от канала слоем диэлектрика (оксид кремния). Отсюда и сочетание МДП (металл-диэлектрик-полупроводник).

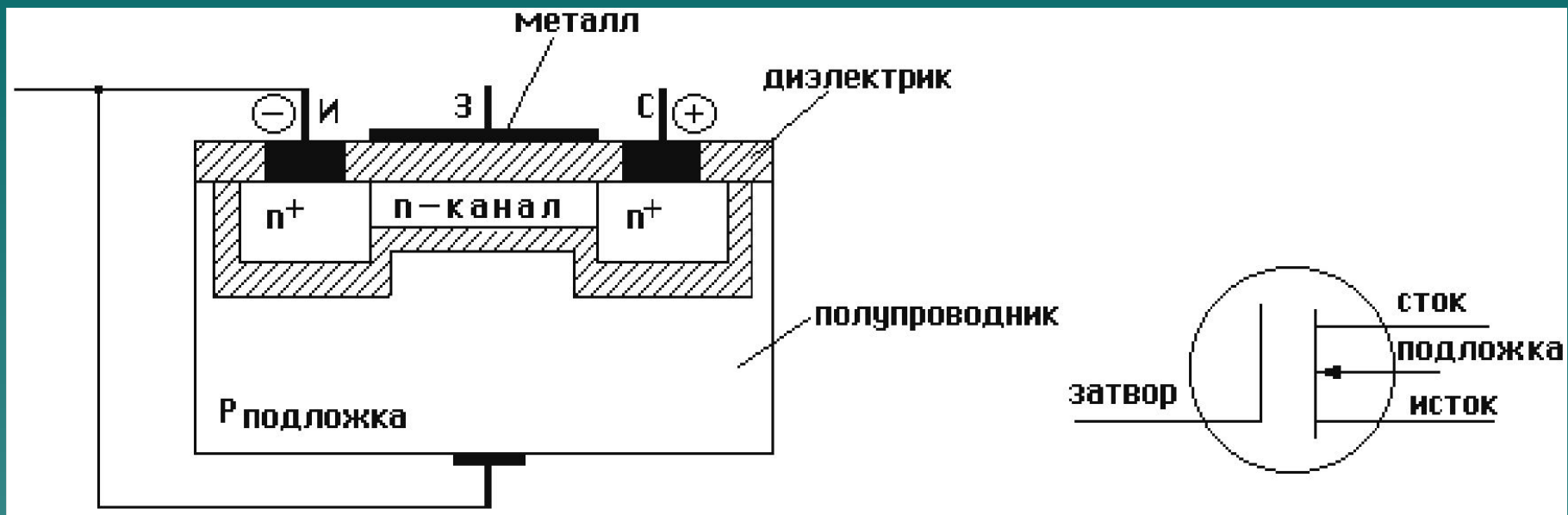


Рисунок 1 – МДП-транзистор со встроенным каналом n-типа:

а) устройство,

б) условное графическое обозначение

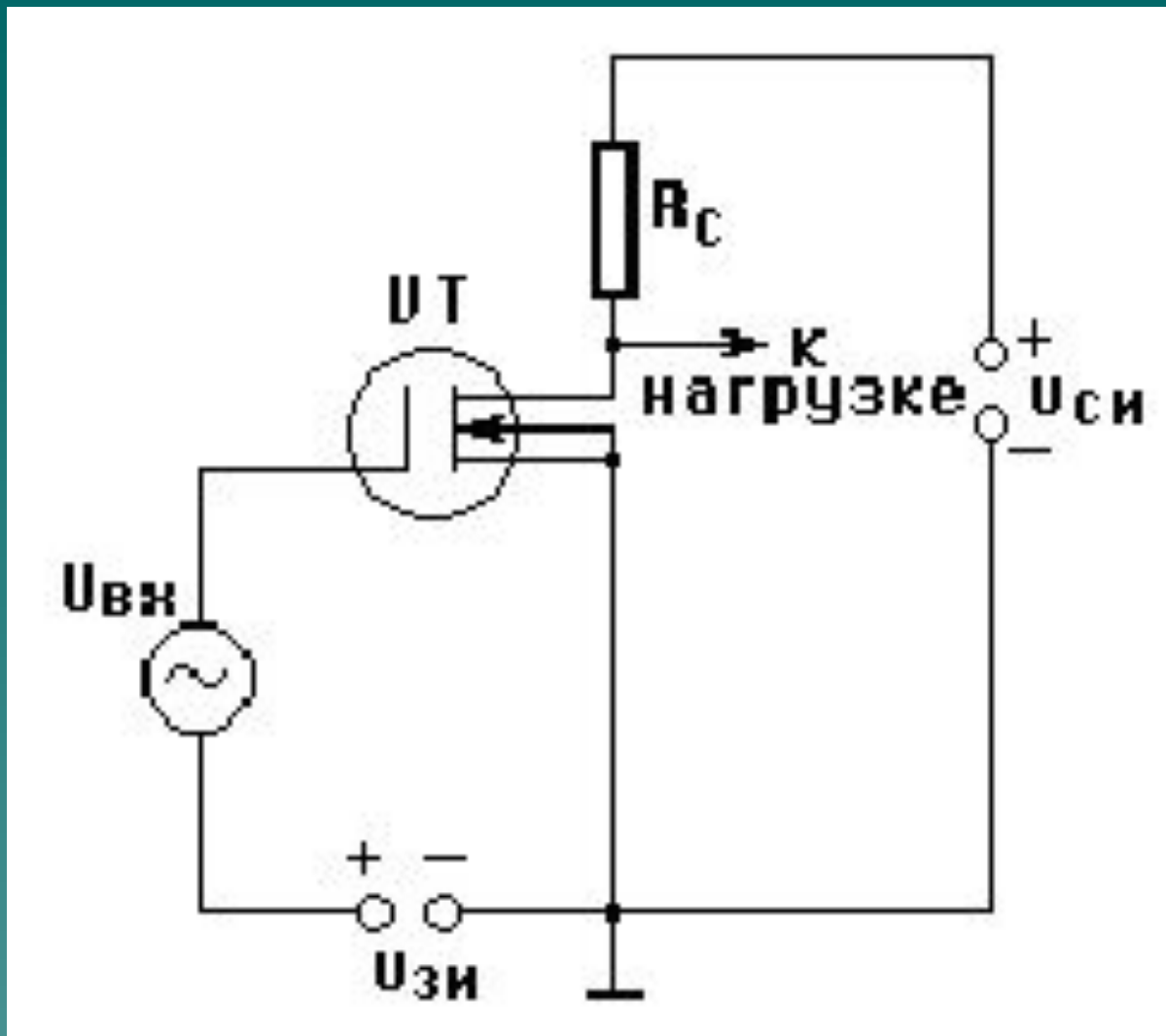


Рисунок 2 – Схема включения МДП-транзистора со встроенным каналом n-типа с общим истоком.

- ◆ Принцип работы МДП-транзистора с встроенным каналом n-типа сводится к следующему. При подаче на затвор положительного напряжения относительно истока под действием поля, созданного этим напряжением, из областей истока и стока, а также из кристалла в канал будут проходить электроны. При этом проводимость канала увеличивается, и ток стока возрастает. Этот режим называют *режимом обогащения*.

- ◆ При подаче на затвор напряжения отрицательного относительно истока и относительно кристалла в канале создается поперечное электрическое поле. Под влиянием электрического поля электроны проводимости выталкиваются из канала в области истока, стока и в кристалл. Канал обедняется носителями (электронами), сопротивление его увеличивается, и ток стока уменьшается. Такой режим транзистора называют *режимом обеднения*.

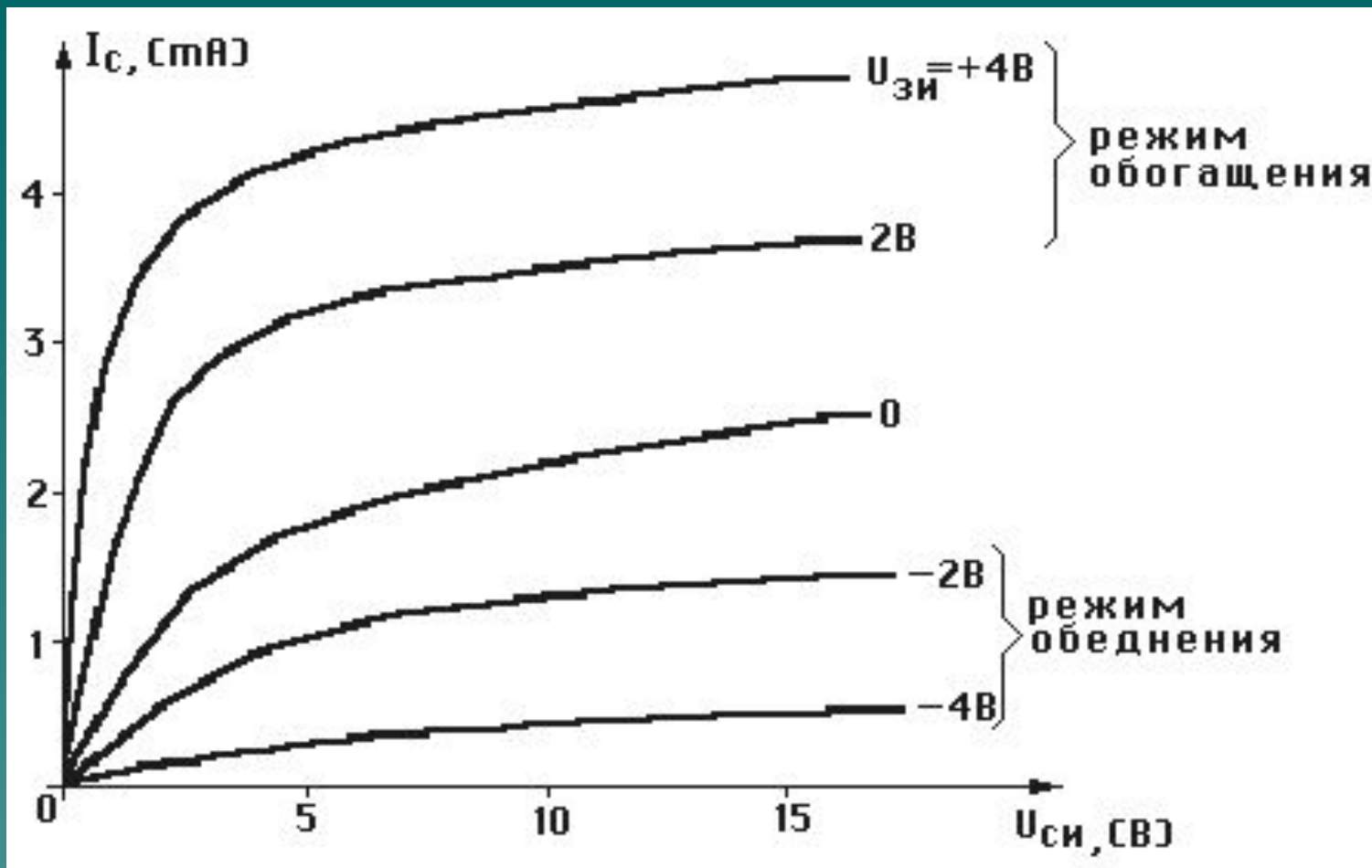


Рисунок 3 – Выходные характеристики МДП-транзистора со встроенным каналом n-типа

Передаточная характеристика МДП-транзистора с встроенным каналом показывает зависимость тока стока от напряжения $U_{зи}$, при постоянном напряжении $U_{си}$, $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = \text{const}$. Передаточная характеристика имеет вид

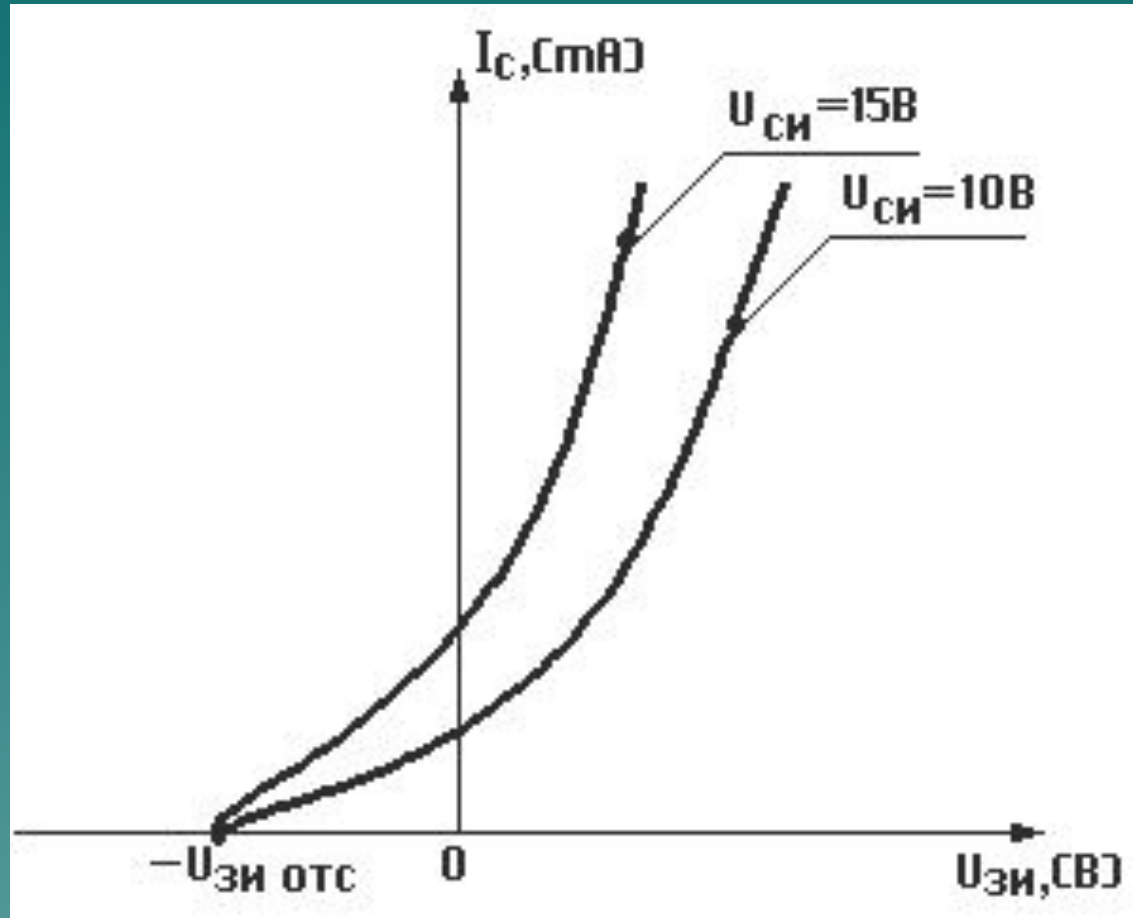


Рисунок 4 – Передаточная характеристика МДП-транзистора с встроенным каналом n-типа

2. МПД (МОП) транзисторы с индуцированным каналом. Устройство, принцип действия. Статические характеристики, режимы работы

Особенностью полевого МДП-транзистора с индуцированным каналом (рисунок 5) перед рассмотренными ранее является то, что в нормальных условиях отсутствует проводящий канал между стоком и истоком при напряжении $U_{зи}=0$.

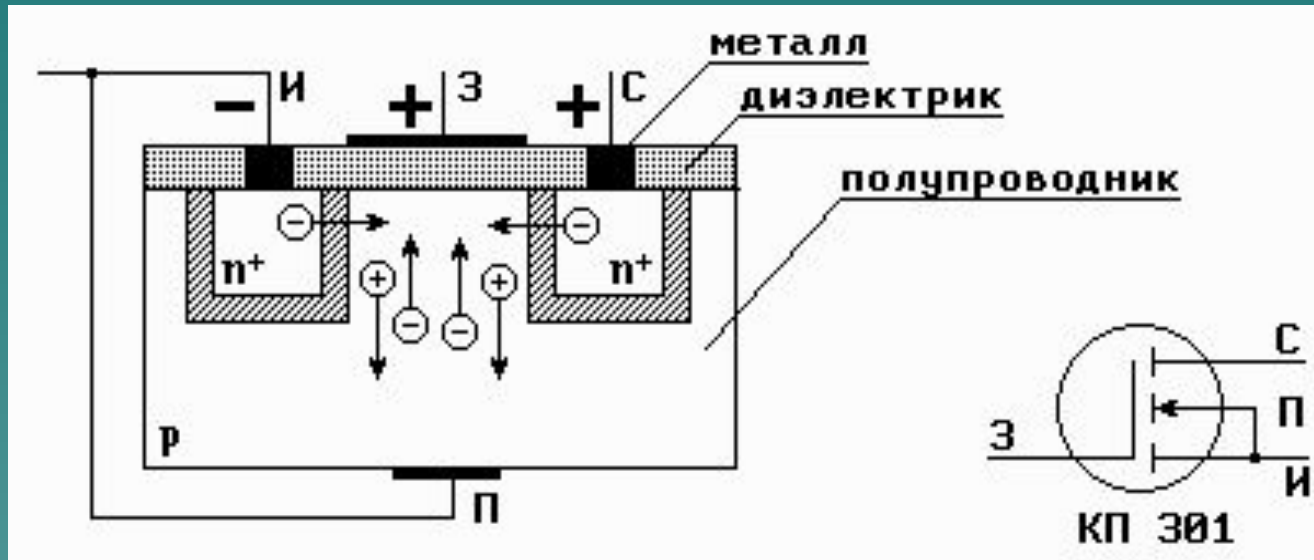


Рисунок 5 – Структура и условное графическое изображение МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа

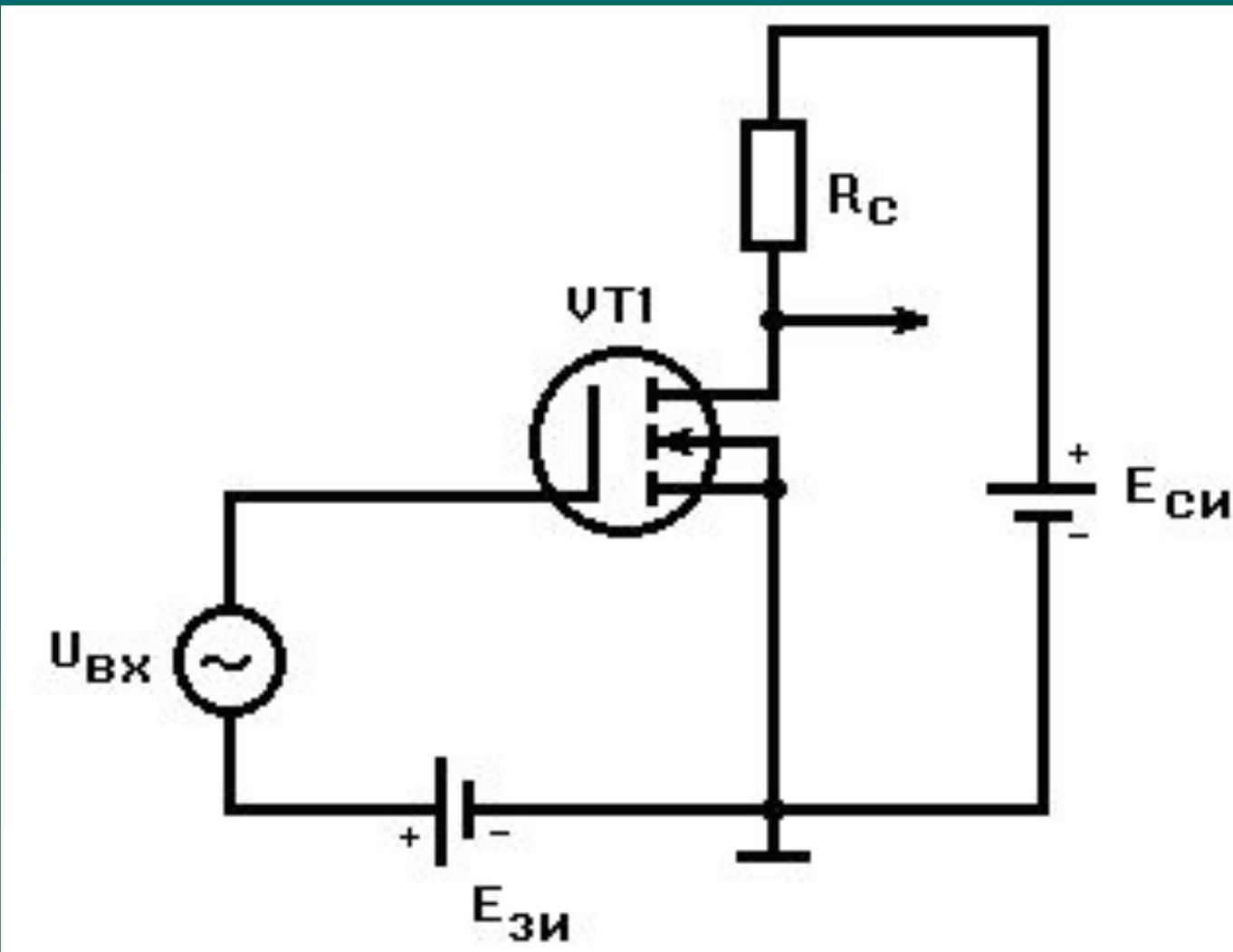


Рисунок 6 – Схема включения МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа с общим истоком

Статические характеристики

Передаточная характеристика показывает зависимость тока стока от напряжения затвор-исток при постоянном напряжении сток-исток:

$$I_c = f(U_{зи}) \text{ при } U_{зи} = \text{const.}$$

Передаточные характеристики при

$$U_{зи} > U_{зи\text{пор}}$$

определяется выражением:

$$I_c = b(U_{зи} - U_{зи\text{пор}})^2$$

где $b = E_g \mu n \rho W / 2 \delta l$ - коэффициент, определяемый параметрами транзистора.

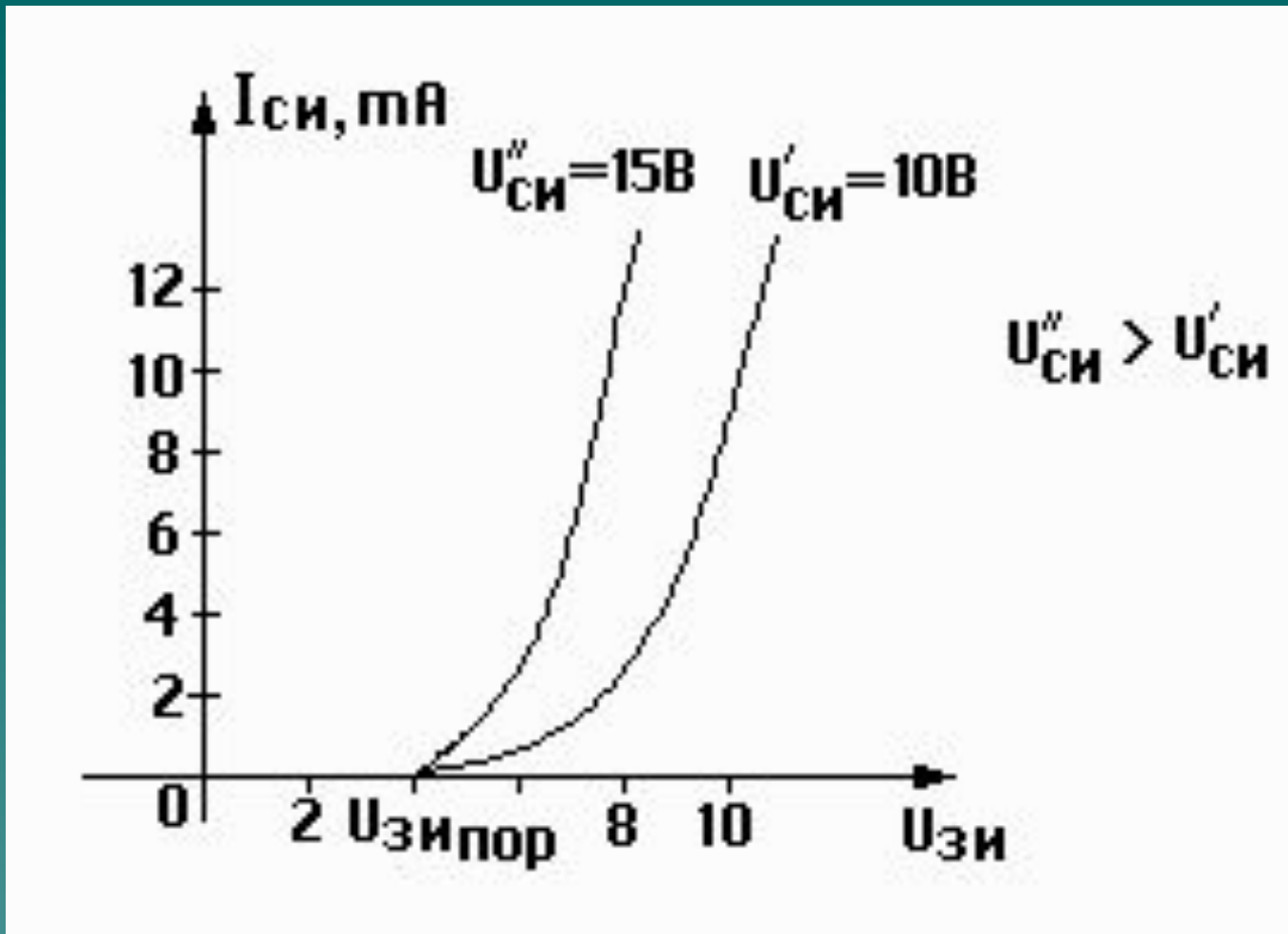


Рисунок 7 – Передаточная характеристика МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа

Выходные характеристики

Выходная характеристика полевого транзистора в схеме с общим истоком определяет зависимость тока стока от напряжения $U_{си}$ при заданных величинах напряжения затвора:

$$I_c = f(U_{си}) / U_{зи} - \text{const}$$

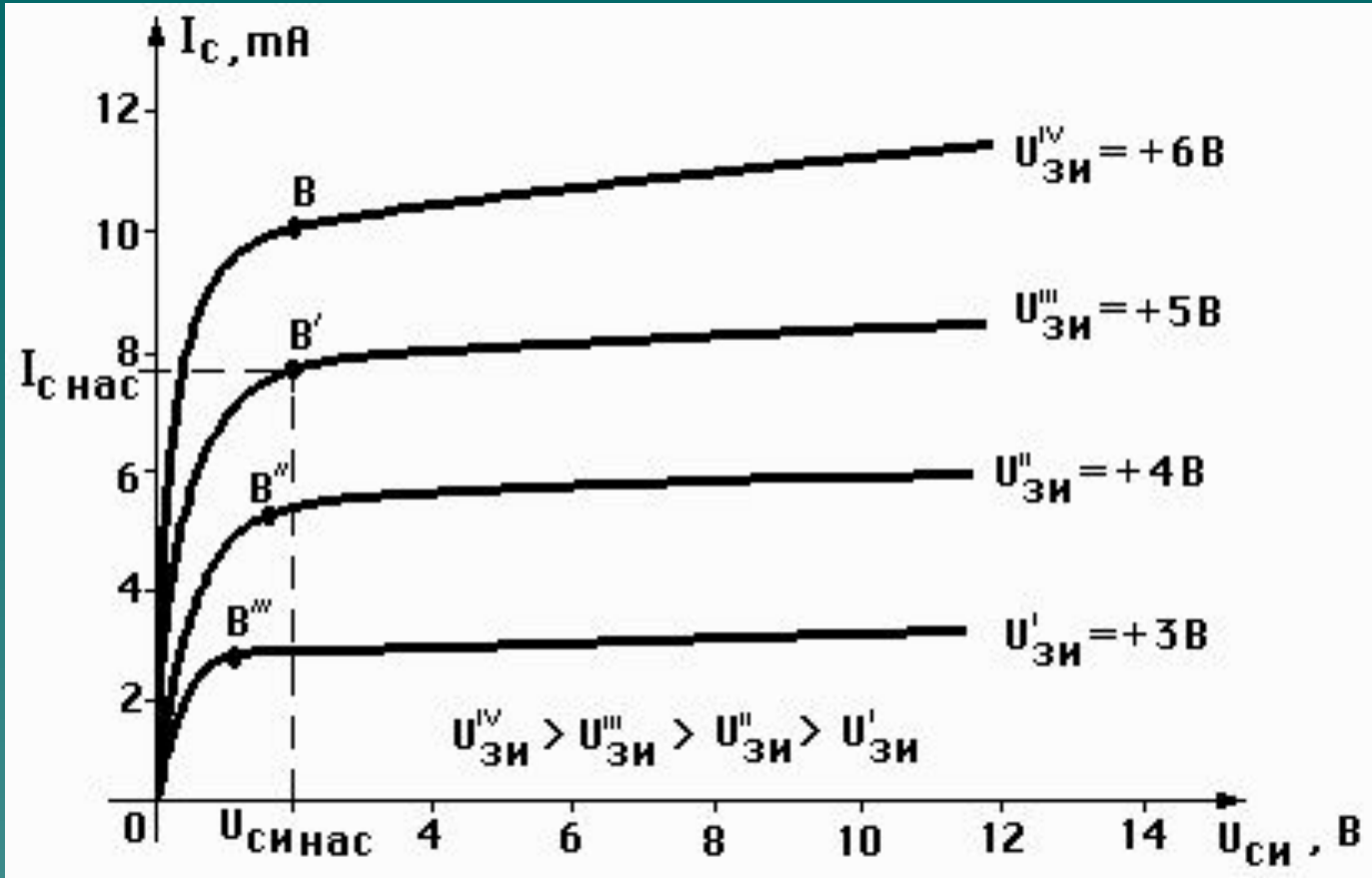


Рисунок 8 – Выходная характеристика МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа по схеме ОИ.

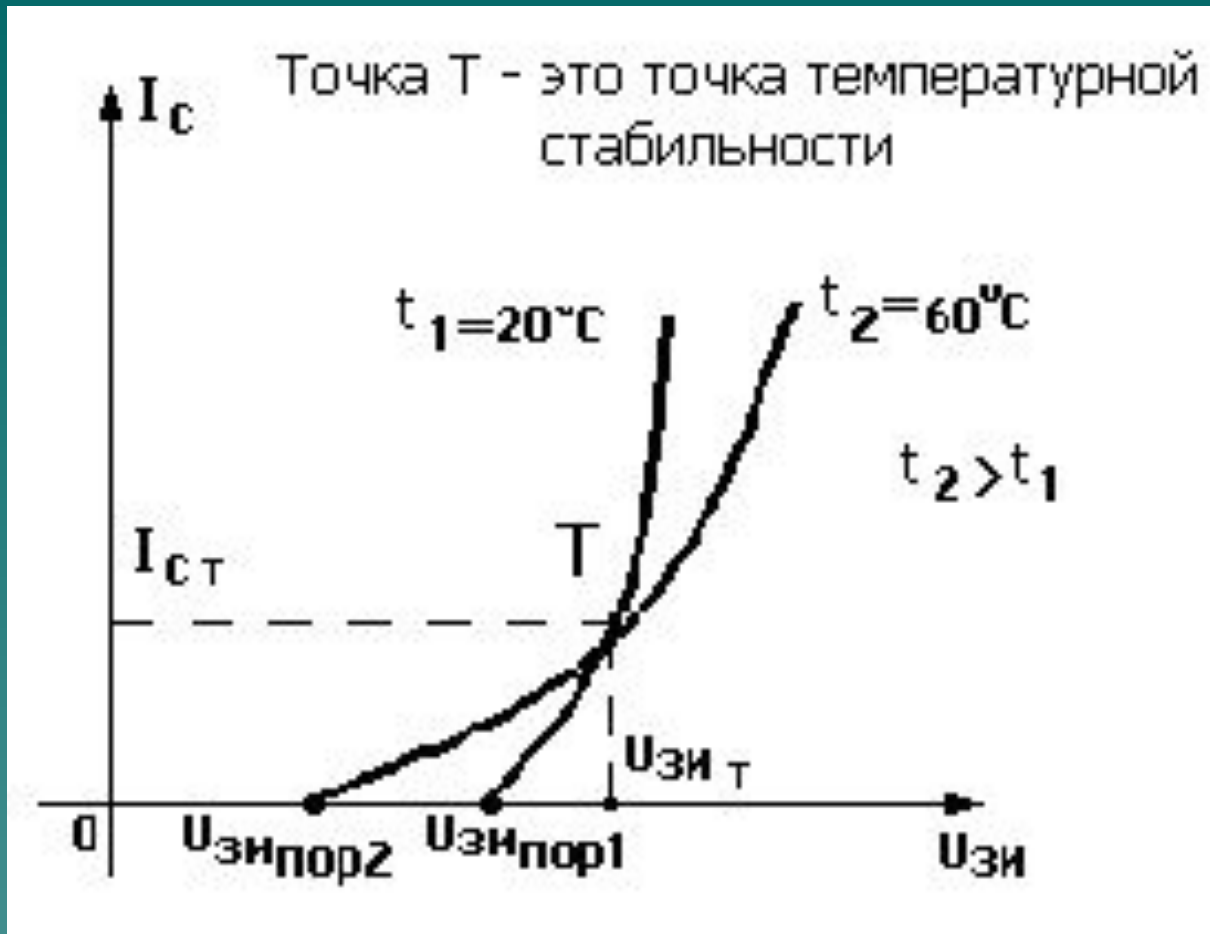


Рисунок 9 – Влияние температуры на передаточные характеристики МДП-транзистора

3. Частотные и импульсные свойства полевых транзисторов

Частотные свойства полевых транзисторов.

Частотные свойства полевых транзисторов обусловлены главным образом влиянием распределенных емкостей и сопротивлений

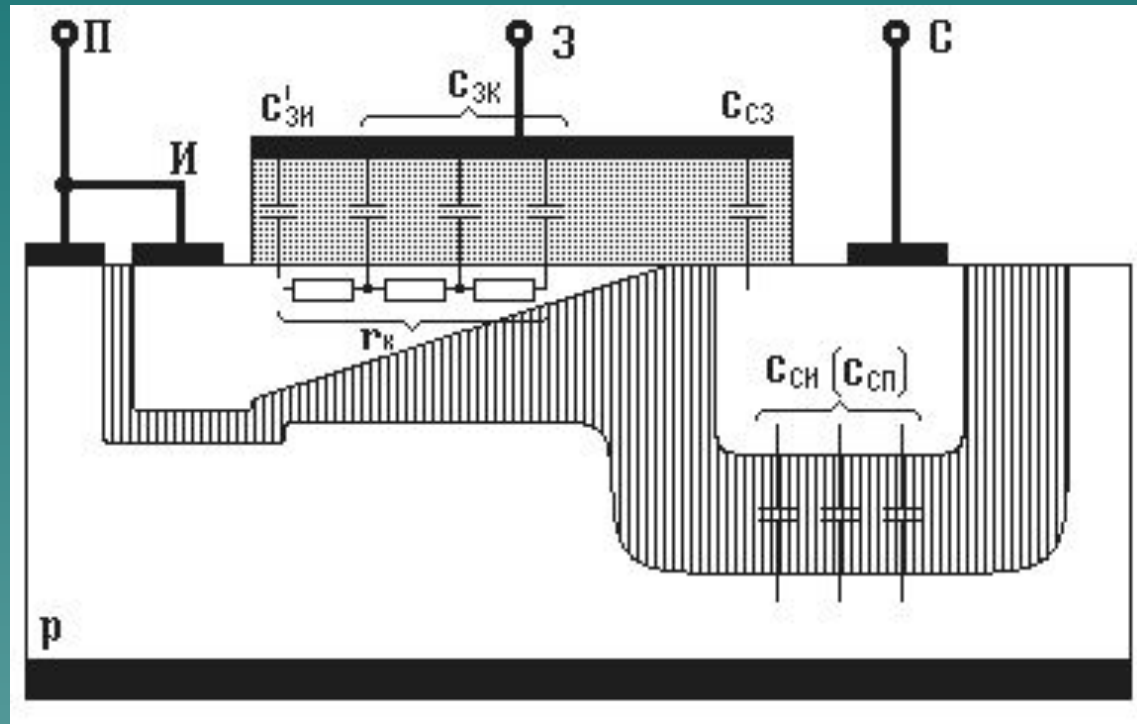


Рисунок 10 – Емкости переходов МДП-транзистора

- ◆ *Верхней граничной частотой усиления* называют такую частоту f_v , на которой коэффициент усиления по напряжению K_U в схеме с резистивной нагрузкой уменьшается в $\sqrt{2}$ раз.

Импульсные свойства полевого транзистора

- ◆ **Выключенное состояние транзистора соответствует отсечке канала и обеспечивается выбором достаточно малого напряжения на затворе.**
- ◆ **Включенное состояние транзистора соответствует режиму с малым сопротивлением канала.**
- ◆ **Быстродействие полевого транзистора, как и его частотные свойства, в основном определяются межэлектродными емкостями и сопротивлением канала.**

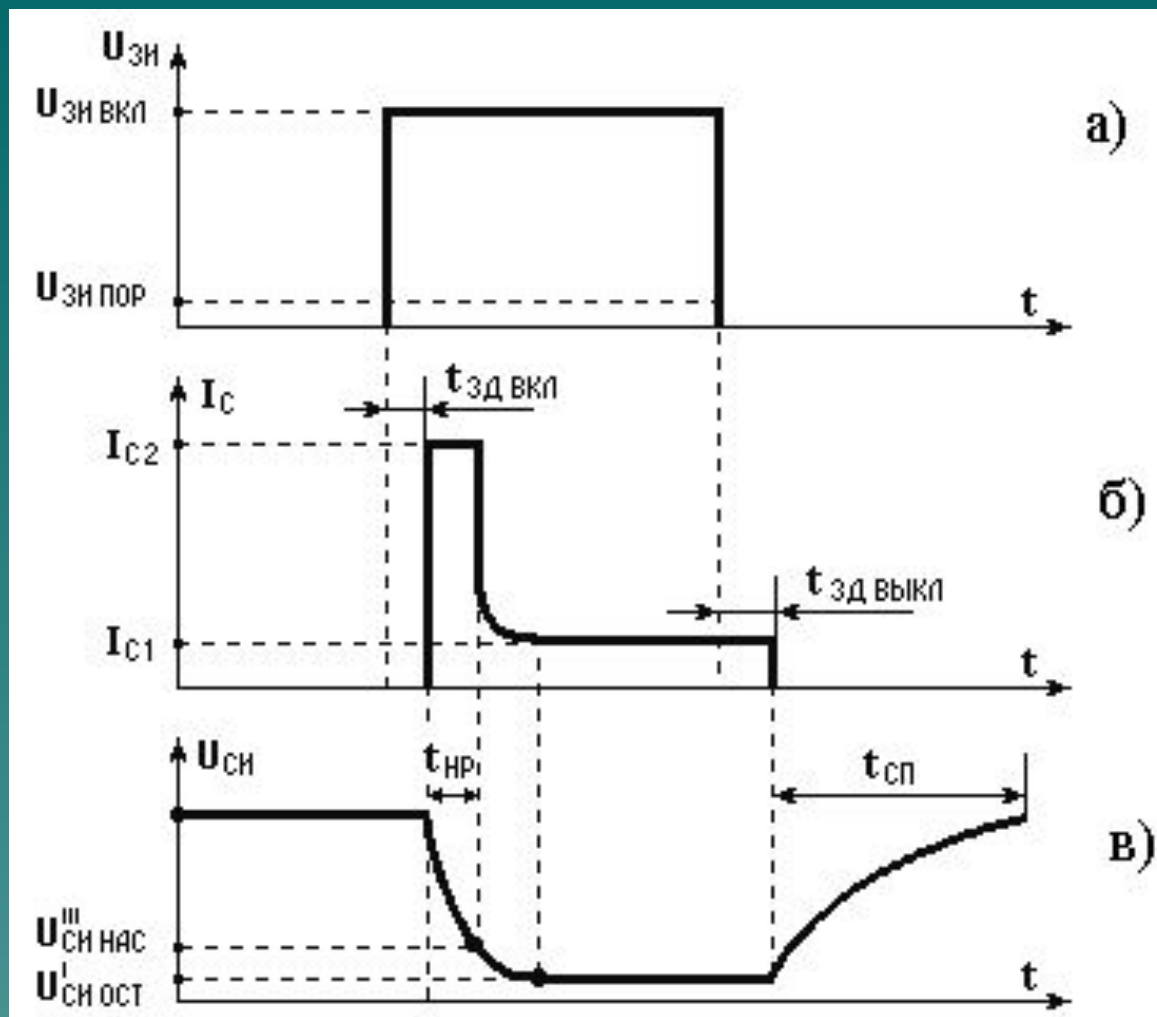


Рисунок 11 – Диаграммы напряжений (а, в) и тока (б) при переключении полевого транзистора

Заключение

- ◆ Полевые транзисторы с встроенным и индуцированным каналом находят широкое применение. Это обусловлено их высоким входным сопротивлением, технологичностью и быстродействием, низким уровнем шумов, а также высокой термостабильностью и радиационной стойкостью.