







98 гв вдд



106 гв вдд



Воздушно-десантные войска



имени генерала армии Маргелова В.Ф.









УГСВУ



11 одшбр



31 гв одшбр



56 гв одшбр



83 одшбр

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 МДПтранзисторы с встроенным и индуцированным каналом. Их достоинством является очень малый ток в цепи затвора, высокая радиационная стойкость и высокое входное сопротивление постоянному току (до 1012 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 п- или р-каналом (рисунок 1). Основанием служит кремниевая пластина с электропроводимостью р-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 электропроводимостью п-типа. Металлическая база изолирована от канала слоем диэлектрика (оксид кремния). Отсюда и сочетание МДП (металл-диэлектрикполупроводник).

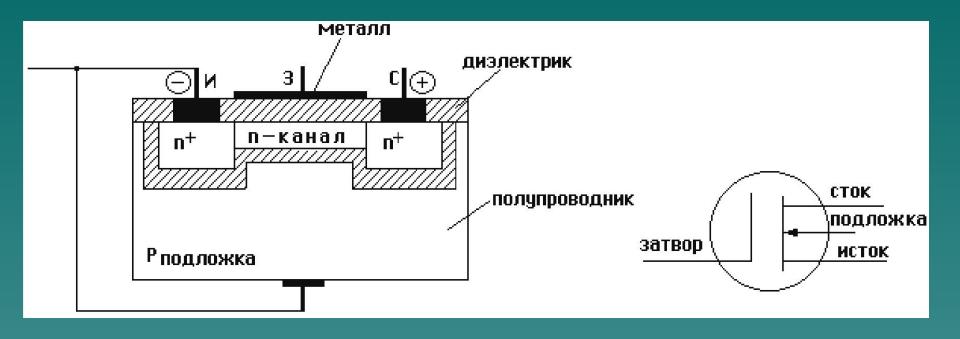


Рисунок 1 – МДП-транзистор со встроенным каналом п-типа:

- а) устройство,
- б) условное графическое обозначение

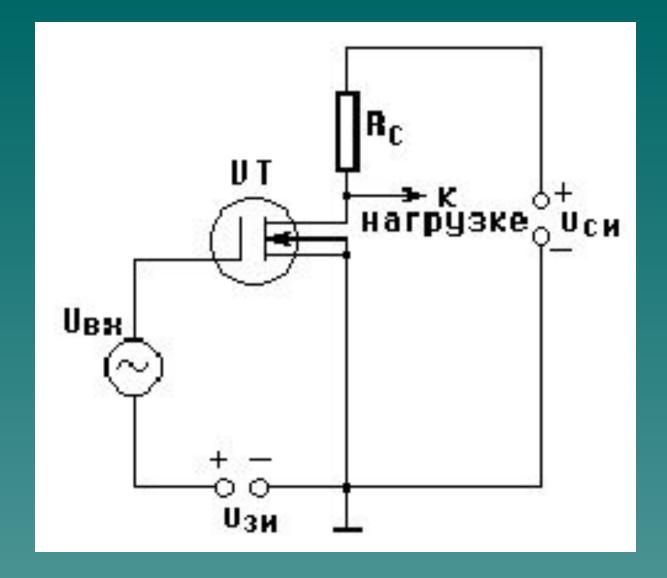


Рисунок 2 — Схема включения МДП-транзистора со встроенным каналом n-типа с общим истоком.

• Принцип работы МДП-транзистора с встроенным каналом п-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.

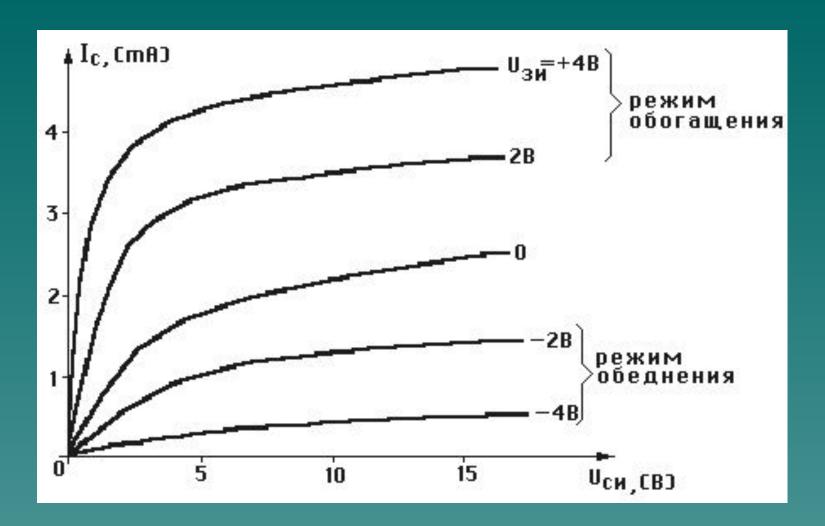


Рисунок 3 — Выходные характеристики МДП-транзистора со встроенным каналом n-типа

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

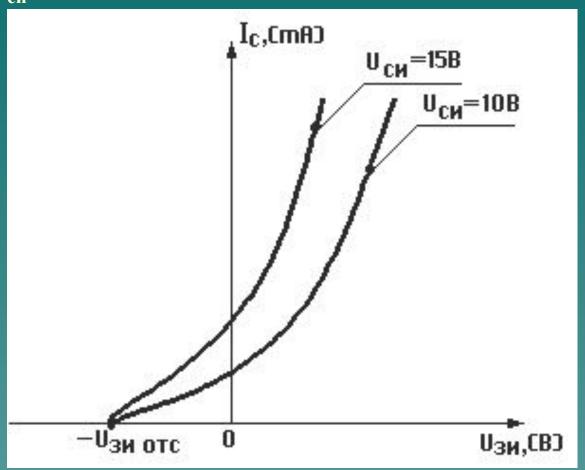


Рисунок 4 — Передаточная характеристика МДП-транзистора с встроенным каналом n-типа

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 Uзи=0.

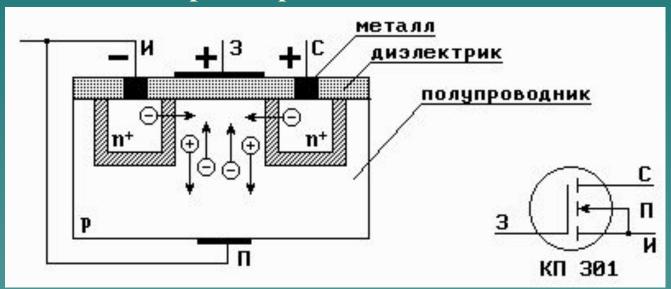


Рисунок 5 — Структура и условное графическое изображение МДП-транзистора с индуцированным каналом *n*-типа

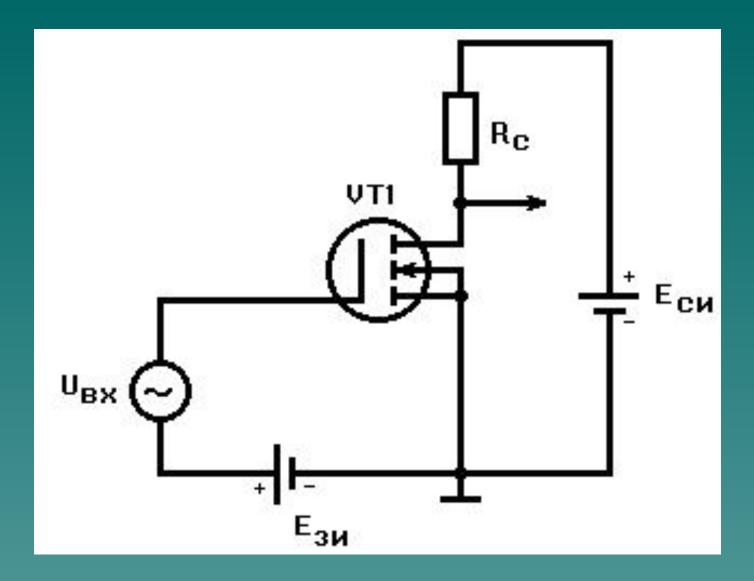


Рисунок 6 — Схема включения МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа с общим истоком

Статические характеристики

Передаточная характеристика показывает зависимость тока стока от напряжения затвор-исток при постоянном напряжении сток-исток: Ic= f(Uзи) при Uзи=const.

Передаточные характеристики при

$$U_{xx} > U_{xx\pi \pi op}$$

определяется выражением:

$${f Ic}={f b}({f U}_{{\tt SM}}-{f U}_{{\tt SM}\,{\tt nop}})^2$$
 где ${f b}={f E}_{\tt g}\mu{f n}
ho{f W}/2\delta{f l}$ - коэффициент, определяемый параметрами транзистора.

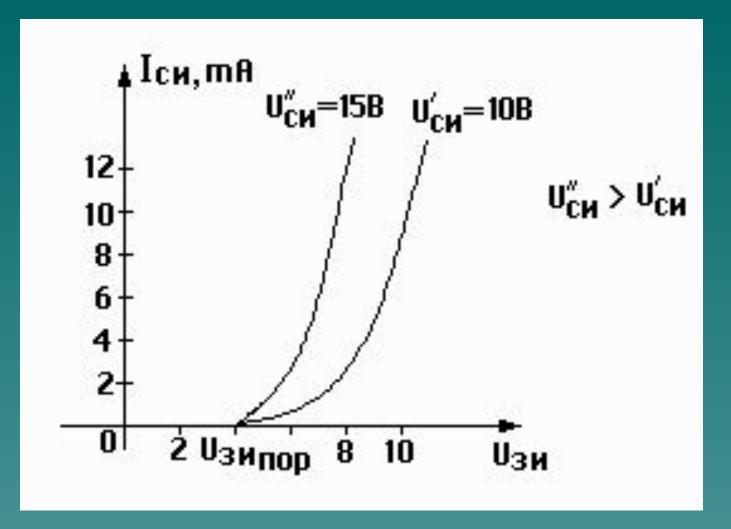


Рисунок 7 — Передаточная характеристика МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа

Выходные характеристики

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

$$I_{\rm c} = f(U_{\rm cm})/U_{\rm sm} - {\rm const}$$

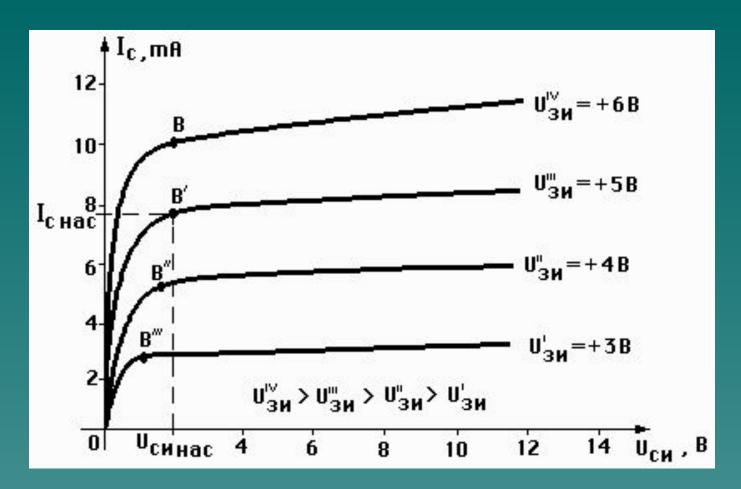


Рисунок 8 — Выходная характеристика МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа по схеме ОИ.

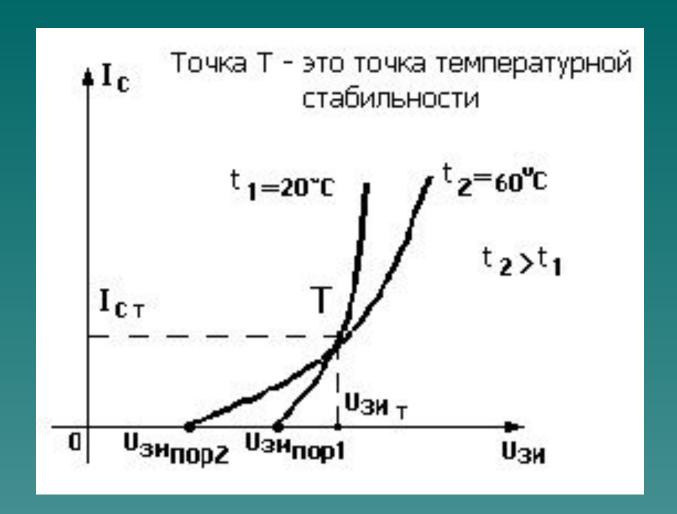


Рисунок 9 — Влияние температуры на передаточные характеристики МДП-транзистора

3. Частотные и импульсные свойства полевых транзисторов

Частотные свойства полевых транзисторов.

Частотные свойства полевых транзисторов обусловлены главным образом влиянием <u>распределенных емкостей</u> и

сопротивлений

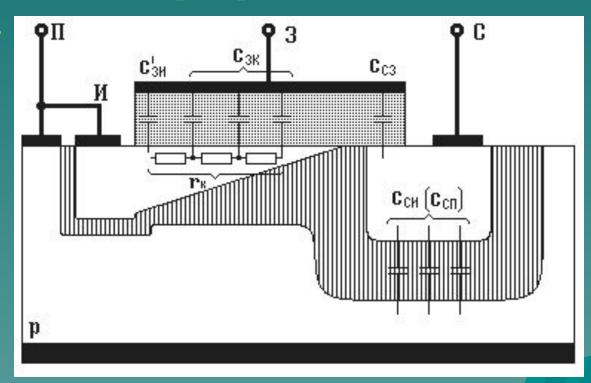


Рисунок 10 — Емкости переходов МДП-транзистора

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.

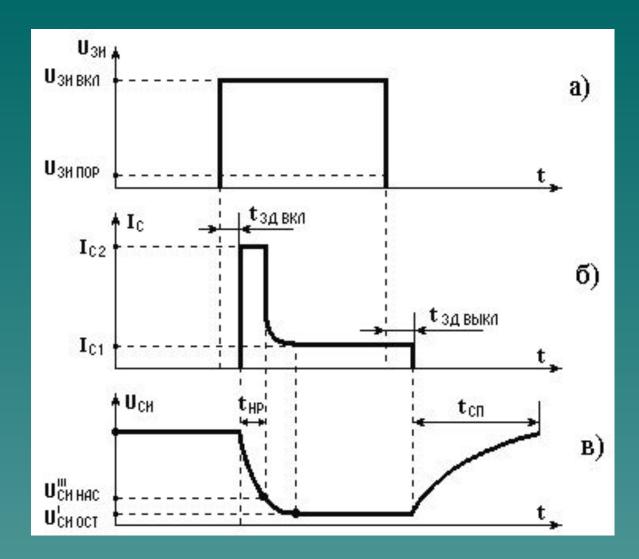


Рисунок 11 — Диаграммы напряжений (а, в) и тока (б) при переключении полевого транзистора

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.