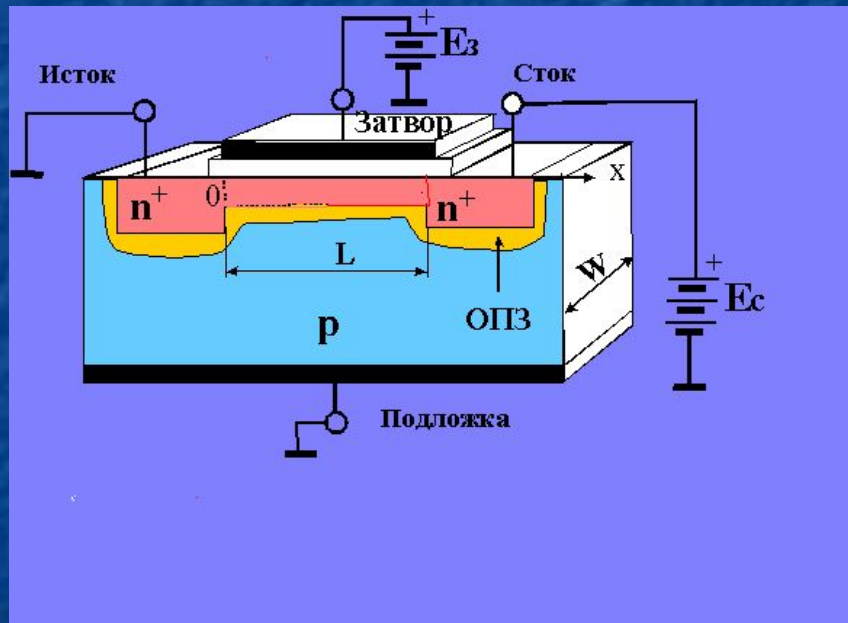


МДП транзисторы

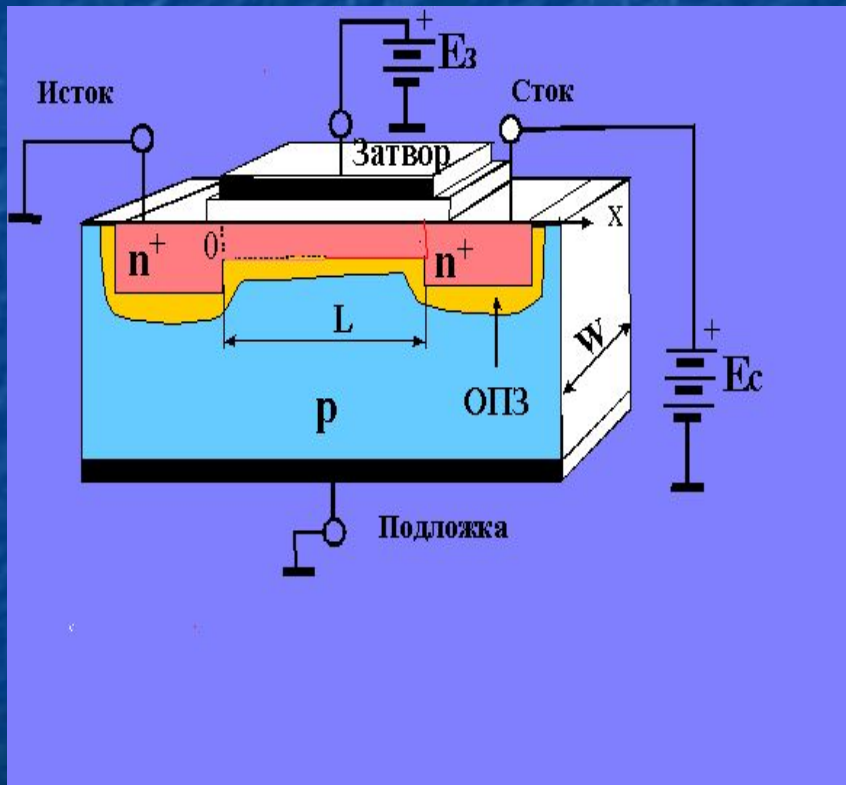
Стефанович Т.Г.

МДП транзистор



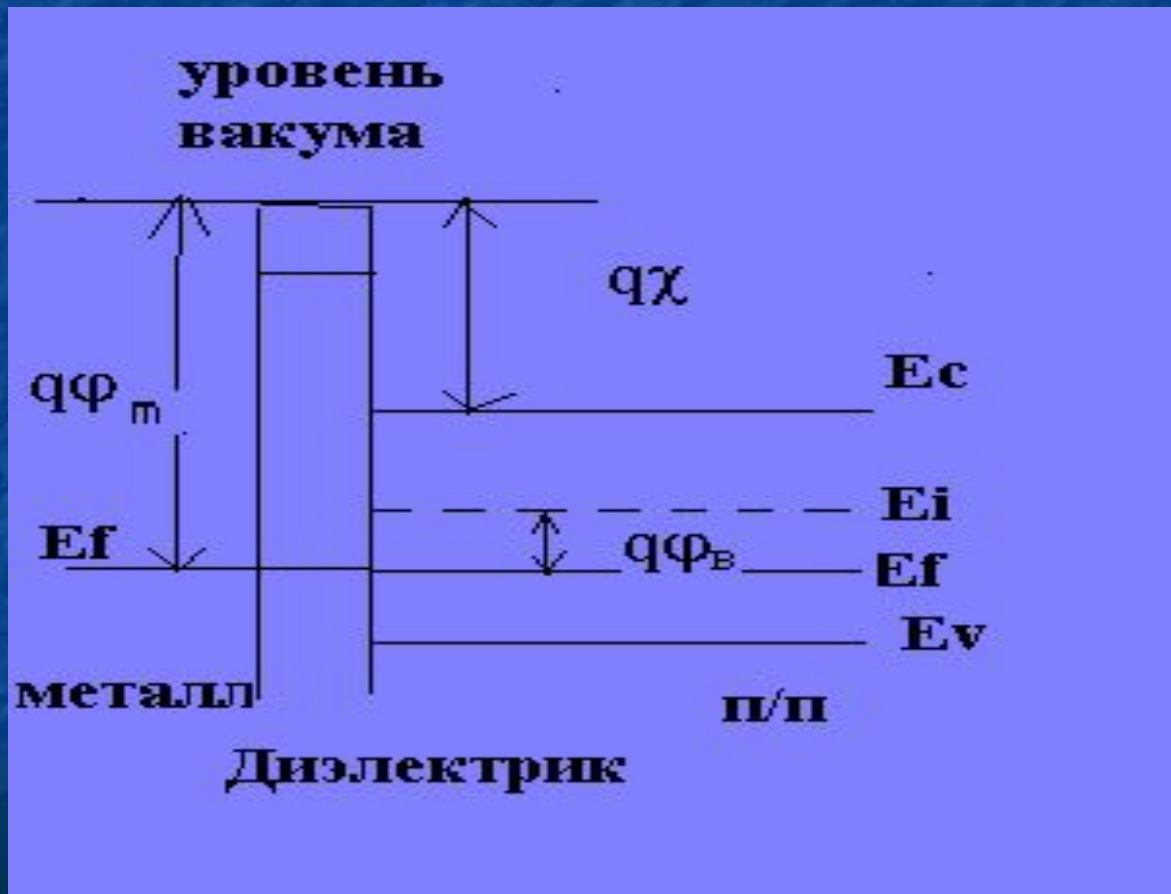
Полевой транзистор с изолированным затвором - это полевой транзистор, затвор которого отделен в электрическом отношении от канала слоем диэлектрика. Полевой транзистор с изолированным затвором состоит из пластины полупроводника (подложки) с относительно высоким удельным сопротивлением, в которой созданы две области с противоположным типом электропроводности). На эти области нанесены металлические электроды - исток и сток. Поверхность полупроводника между истоком и стоком покрыта тонким слоем диэлектрика (обычно слоем оксида кремния). На слой диэлектрика нанесен металлический электрод - затвор. Получается структура, состоящая из металла, диэлектрика и полупроводника. Поэтому полевые транзисторы с изолированным затвором часто называют МДП- транзисторами или МОП- транзисторами (металл - оксид-полупроводник).

МДП транзистор со встроенным каналом



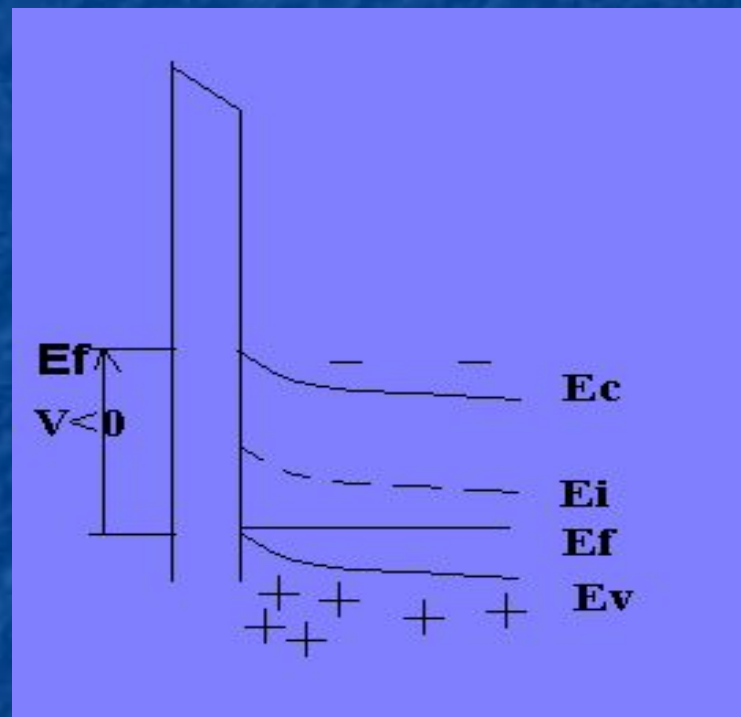
- В МДП - транзисторах со встроенным каналом есть специальный встроенный канал, проводимость которого модулируется смещением на затворе. В случае канала p типа положительный канал отталкивает дырки из канала (режим обеднения), а отрицательный притягивает (режим обогащения). Соответственно проводимость канала либо уменьшается, либо увеличивается по сравнению с ее значением при нулевом смещении.

Зонные диаграммы МДП-структуры при $V_z=0$

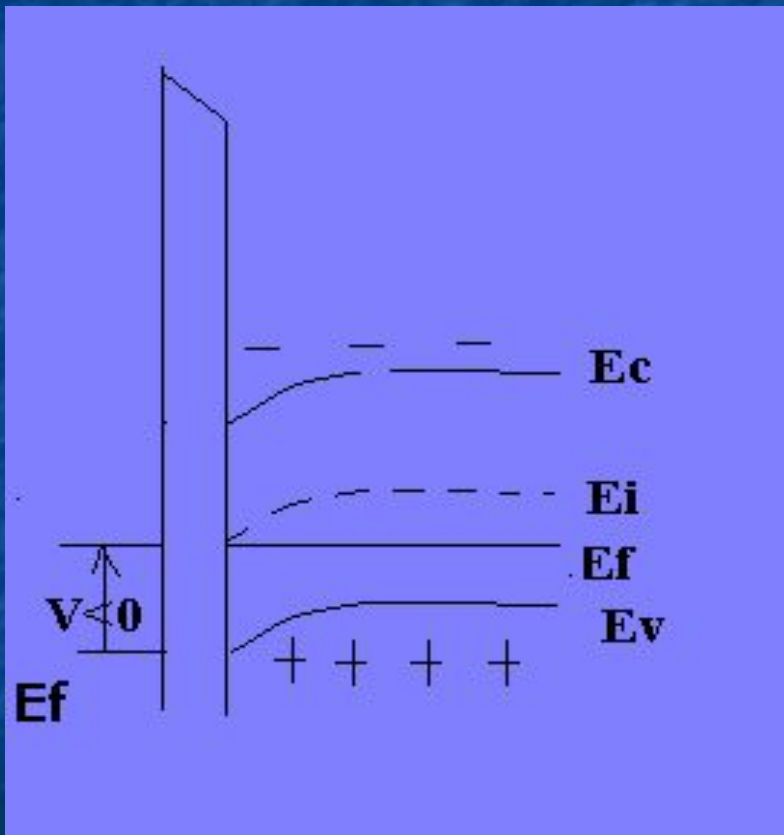


Зонные диаграммы МДП-транзистора в режиме обогащения

Если $V_z < 0$ из объема п/п притягиваются дополнительно основные носители (для канала р-типа это дырки). Это приводит к увеличению проводимости канала

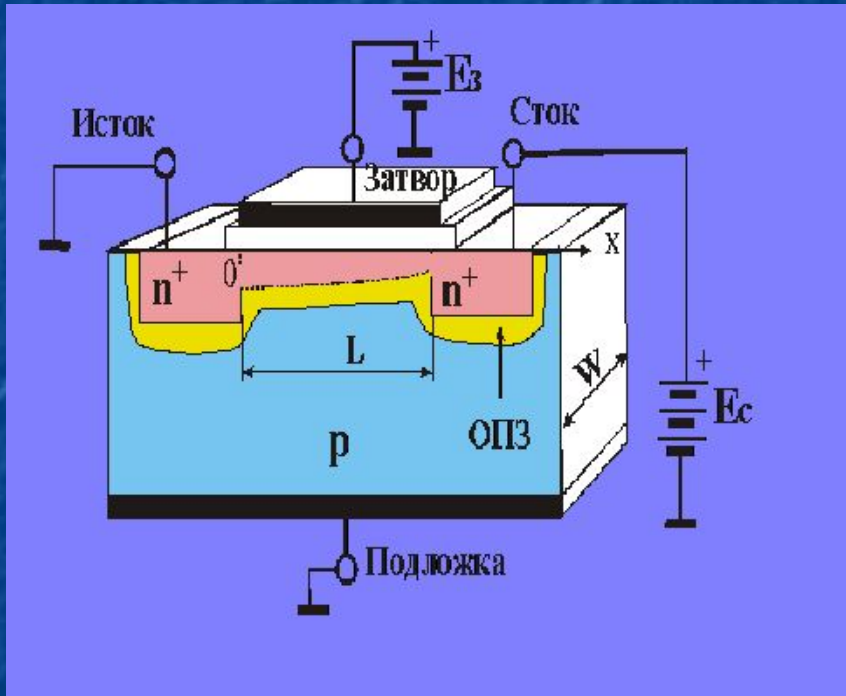


Зонные диаграммы МДП-структуры в режиме обеднения



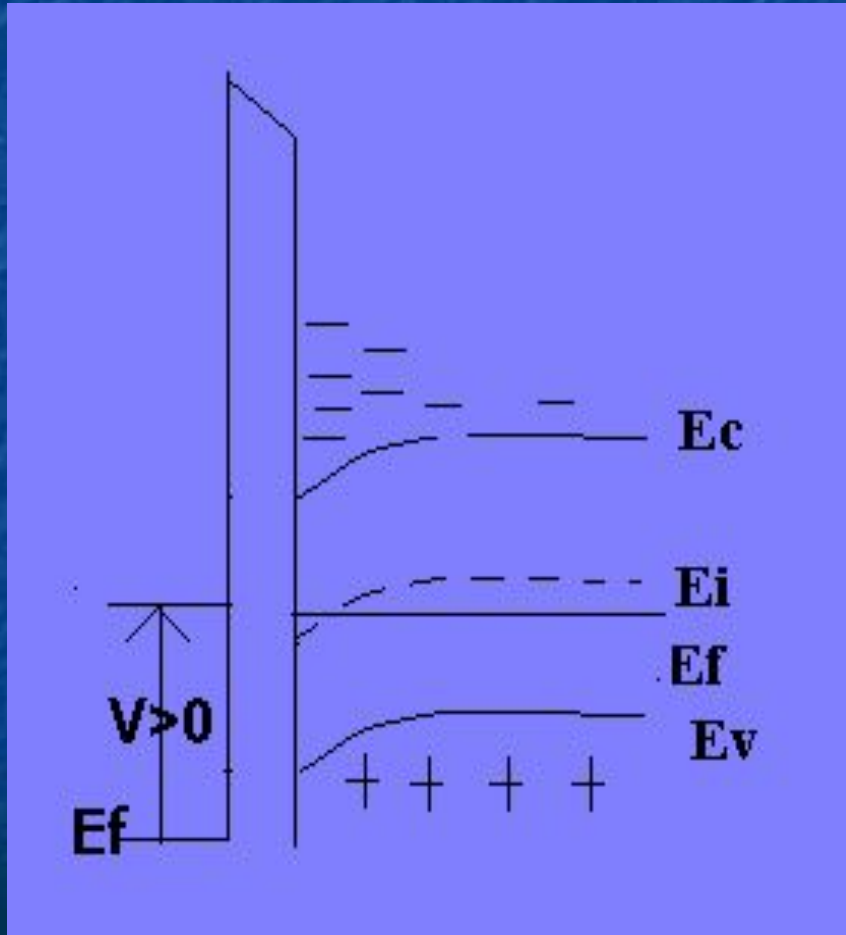
- При положительном V_z основные носители уходят из канала уменьшая его проводимость

МДП транзистор с индуцированным каналом



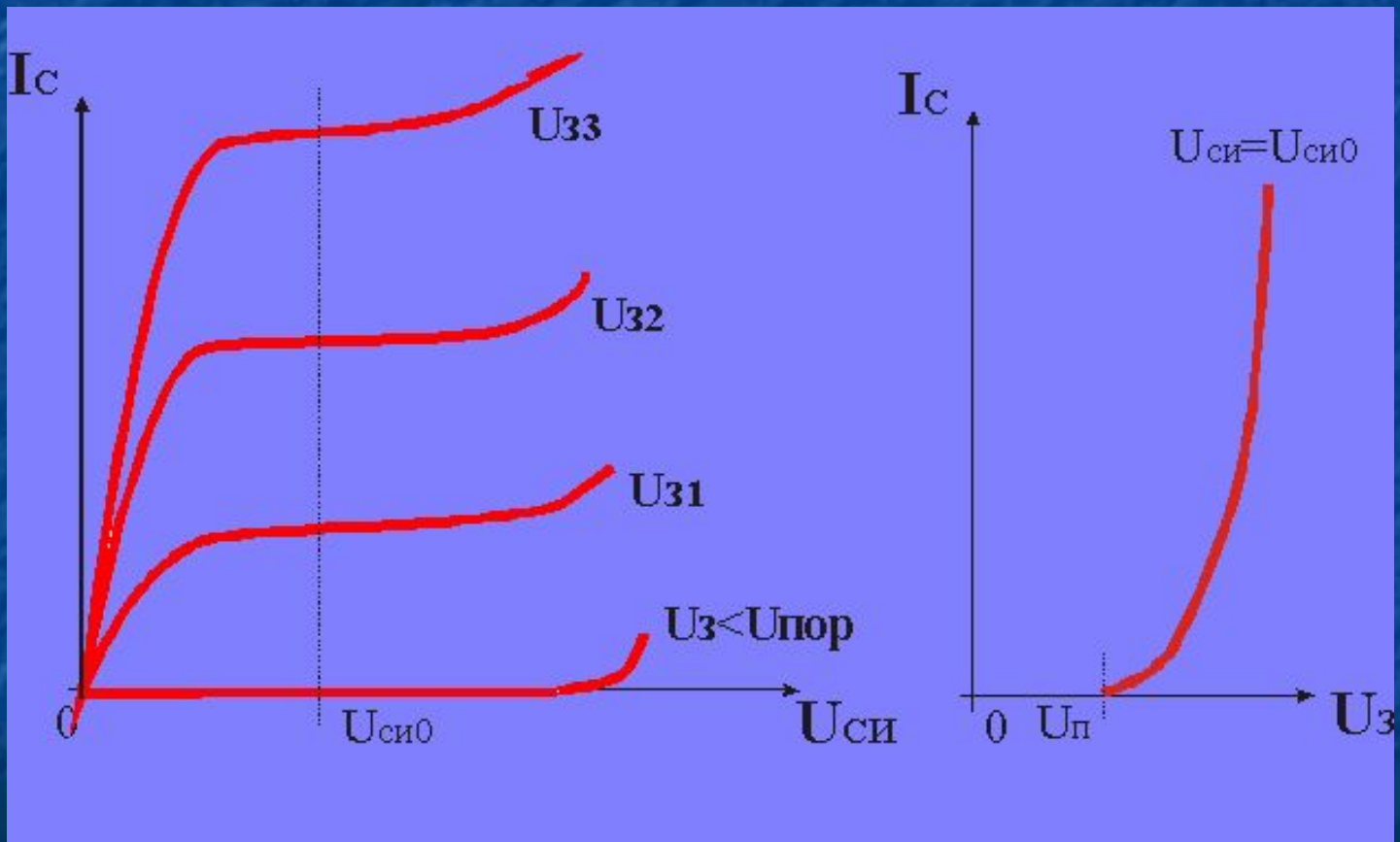
- МДП-транзисторах с индуцированным каналом проводящий канал между сильнолегированными областями истока и стока и, следовательно, заметный ток стока появляются только при определенной полярности и при определенном значении напряжения на затворе относительно истока (отрицательного при p-канале и положительного при n-канале). Это напряжение называют пороговым ($U_{ЗИ.пор}$).

Зонные диаграммы МДП-структуры в режиме инверсии



При достаточно большом V_g (большем чем пороговое напряжение) приповерхностный слой сильно обогащается неосновными носителями и заряда, между истоком и стоком образуется индуцированный (наведенный) канал заряд, по которому может протекать ток. Транзисторы с индуцированным каналом работают только в режиме обогащения.

ВАХ транзистора с индуцированным каналом



Выражение для ВАХ МДП транзистора

$$I_c = W\mu_n C_d / d [(U_3 - U_n) U_c - 1/2 U_c^2],$$

выражение для выходных вольтамперных характеристик МДП транзистора в пологой области.

$$I_c = \frac{W \mu_n C_d}{2L} (U_3 - U_{II})^2$$

Параметры полевого транзистора

$$S = \frac{\partial J_{DS}}{\partial U_G}$$

Крутизна передаточной характеристики

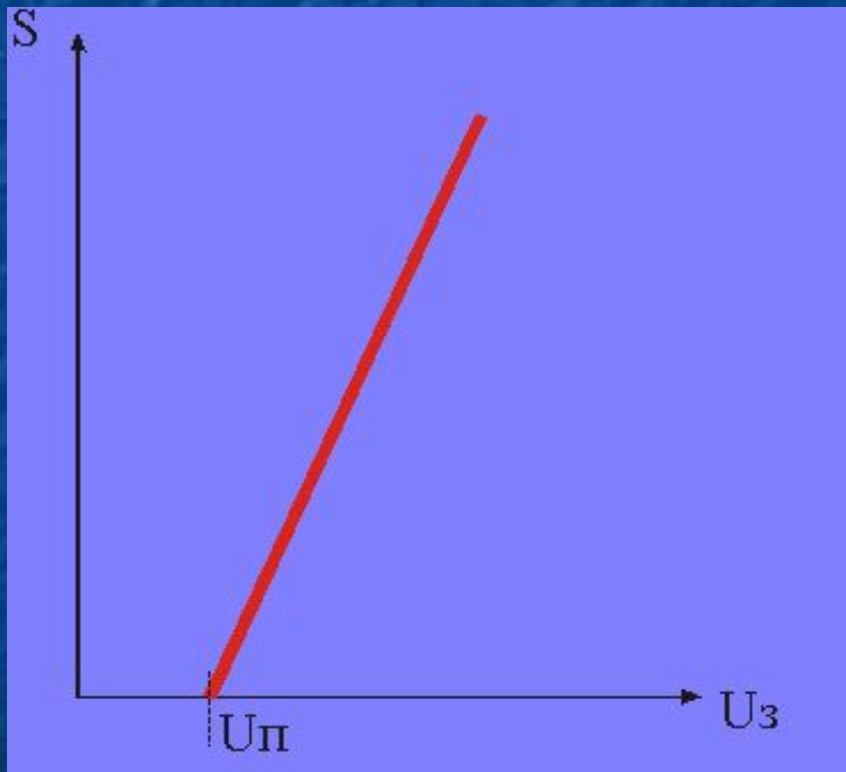
$$R_i = \frac{\partial U_{DS}}{\partial J_{DS}}$$

Дифференциальное выходное сопротивление

$$\mu_i = \frac{\partial U_{DS}}{\partial U_G}$$

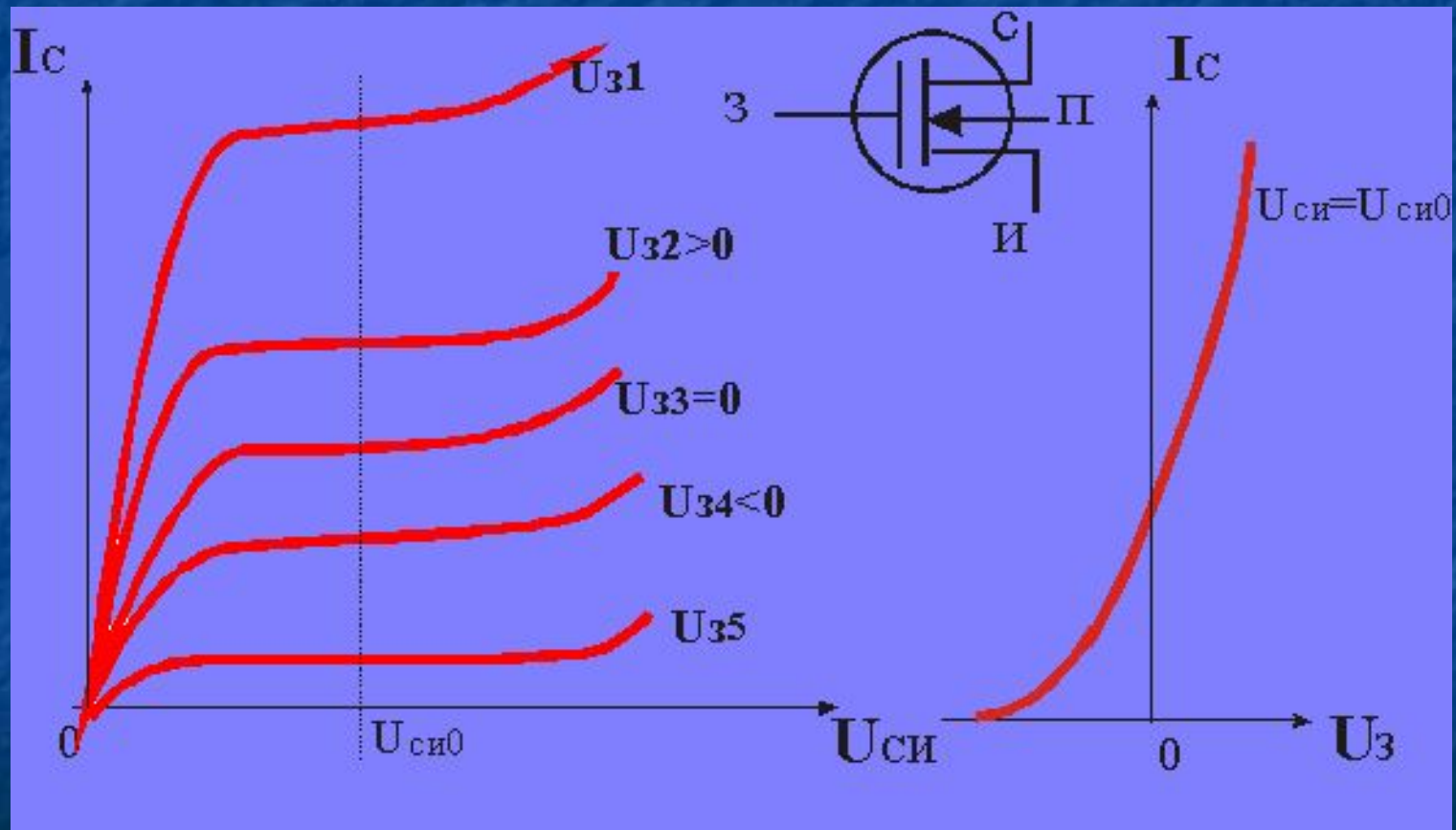
Внутренний коэффициент усиления

Зависимости крутизны от напряжения на затворе
Зависимости крутизны от напряжения на затворе

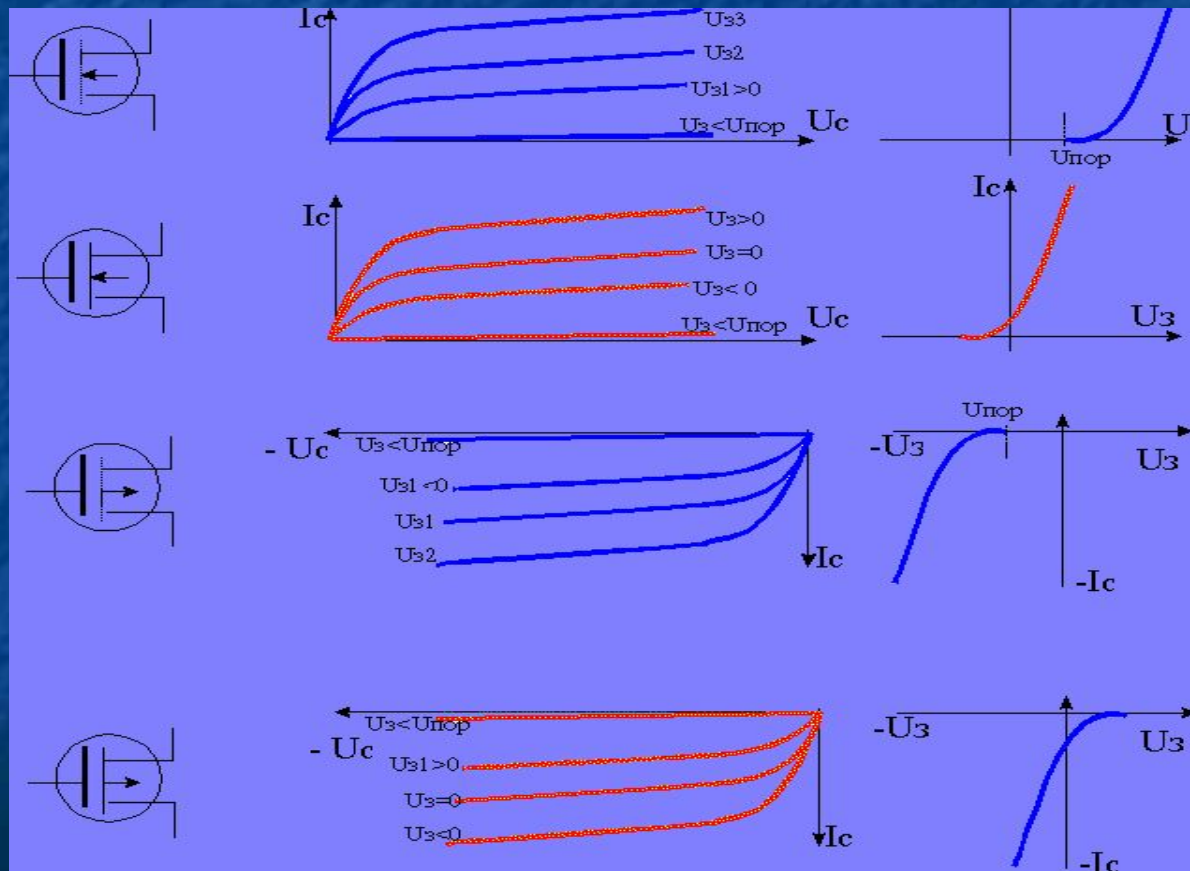


$$S = \frac{dI_c}{dU_3} = \frac{W \mu_n C_d}{2L} (U_3 - U_{\Pi})$$

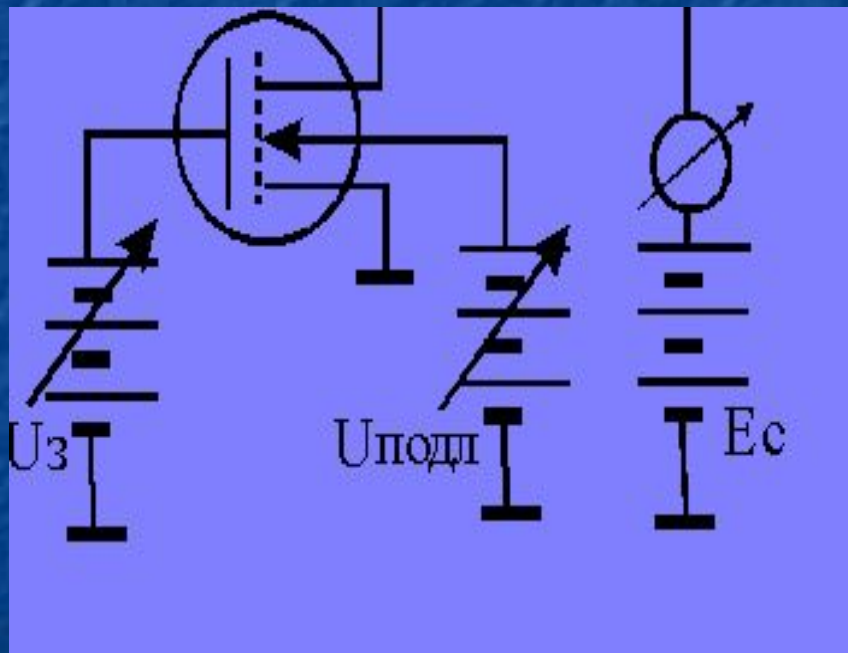
ВАХ транзистора со встроенным каналом



ВАХ транзистора с индуцированным и встроенным каналом



Эффект влияния подложки



- Если подложка имеет положительный потенциал относительно стока, как это показано на рис, то этот потенциал будет поднимать потенциал канала, что будет приводить к уменьшению разности потенциалов между затвором и каналом и, соответственно, будет уменьшаться заряд, индуцированный в канале, и проводимость канала. Поэтому потенциал подложки подобно потенциалу затвора может управлять проводимостью канала, увеличение положительного потенциала на подложке будет приводить к уменьшению тока стока

ВАХ транзистора с учетом влияния подложки

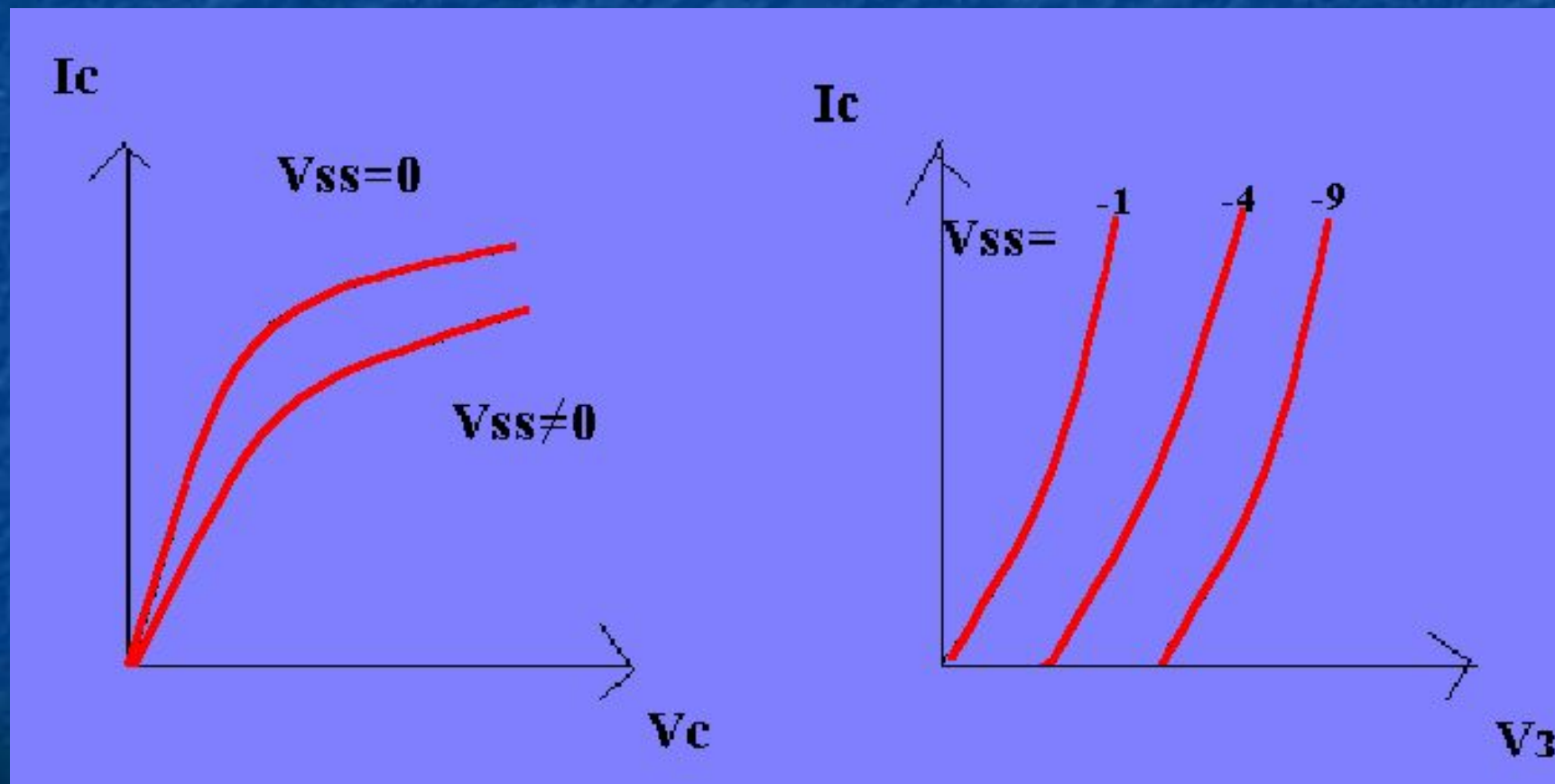
$$I_c = \frac{W \mu_n C_d}{2L} (U_3 - U_{\Pi} - kU_{\text{подп}})^2$$

Усилительные свойства МДП транзистора будут характеризоваться крутизной по подложке

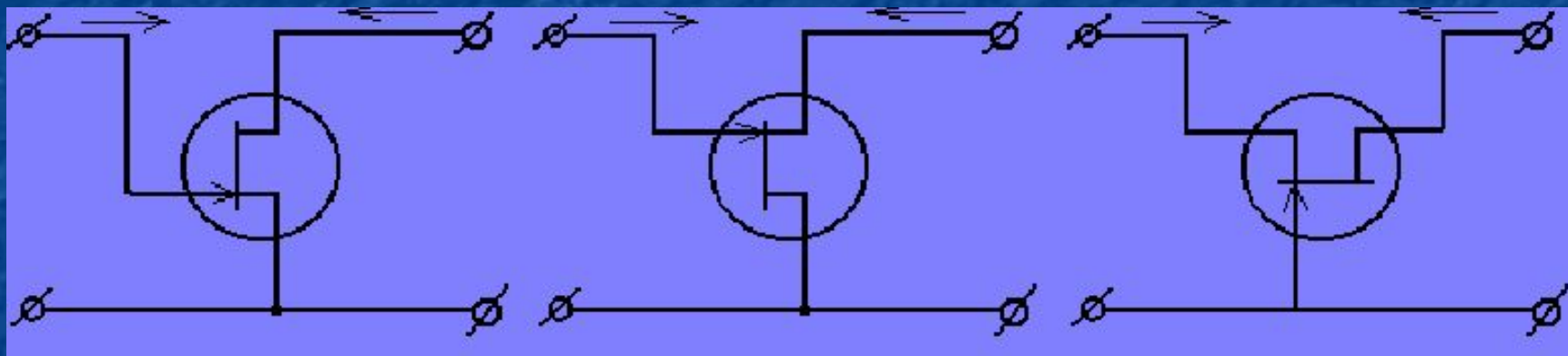
$$S_{\text{подп}} = \frac{dI_c}{dU_{\text{подп}}} = \frac{W\mu_n C_d}{2L} (U_z - U_{\text{П}} - kU_{\text{подп}})$$

Переходные характеристики МДП-транзистора при нулевом напряжении смещения канал-подложка и при напряжении не равном нулю.

Влияние напряжения смещения канал-подложка V_{SS} на проходные характеристики транзистора в области плавного канала .



Схемы включения полевого транзистора



- В зависимости от того, какой из электродов полевого транзистора подключен к общему выводу, различают схемы: с общим истоком и входом затвор; с общим стоком и входом на затвор; с общим затвором и входом на исток.

