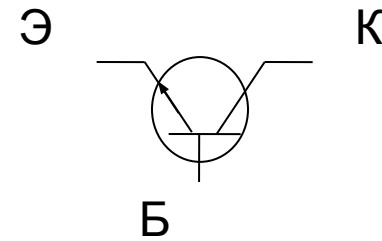
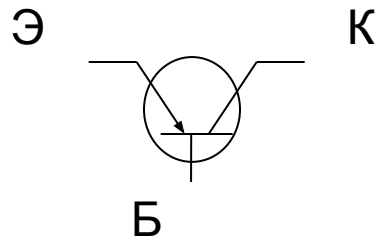
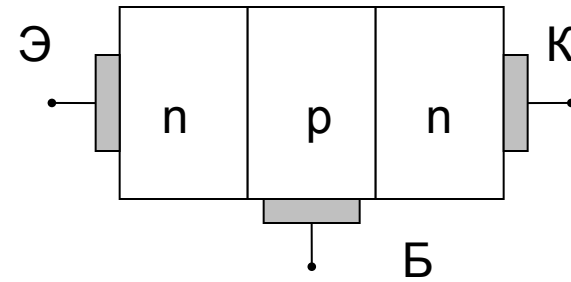
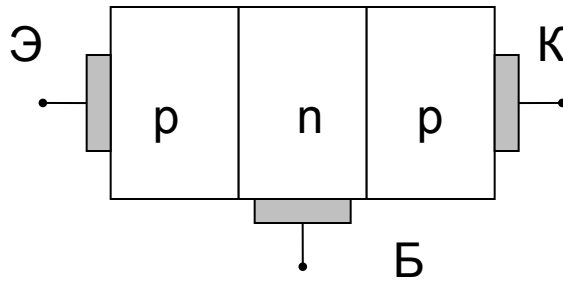
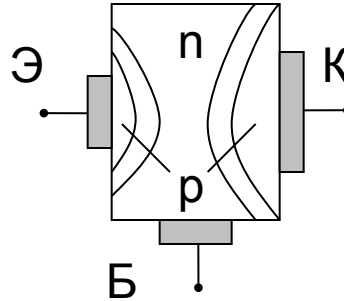


БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

- § 4.1. Структура и основные режимы работы.
- § 4.2. Распределение стационарных потоков носителей заряда.
- § 4.3. Распределение носителей заряда.
- § 4.4. Значения постоянных токов при активном режиме.
- § 4.5. Явления в транзисторах при больших токах.
- § 4.6. Статические параметры.
- § 4.7. Пробой транзисторов.
- § 4.8. Статические характеристики.
- § 4.9. Работа транзистора на малом переменном сигнале.
- § 4.10. Малосигнальные параметры.
- § 4.11. Эквивалентные схемы.
- § 4.12. Эквивалентная схема одномерной теоретической модели.
- § 4.13. Барьерные емкости переходов и сопротивление базы.
- § 4.14. Частотные характеристики.
- § 4.15. Работа транзистора на импульсах.
- § 4.16. Шумы в транзисторах.
- § 4.17. Низкочастотные маломощные транзисторы.
- § 4.18. Высокочастотные маломощные транзисторы.
- § 4.19. Мощные транзисторы.
- § 4.20. Однопереходный транзистор.
- § 4.21. Надежность транзисторов.

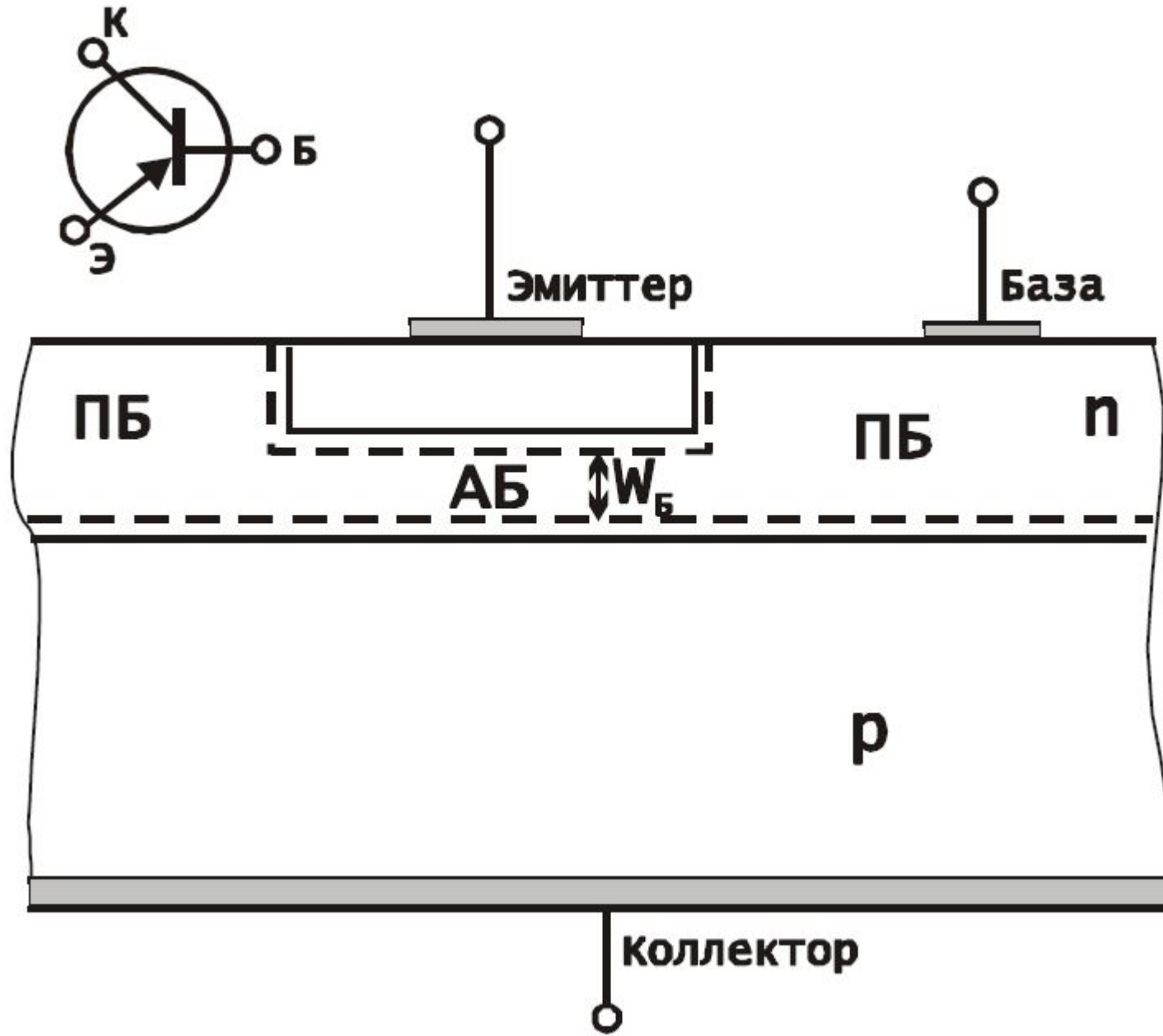
БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



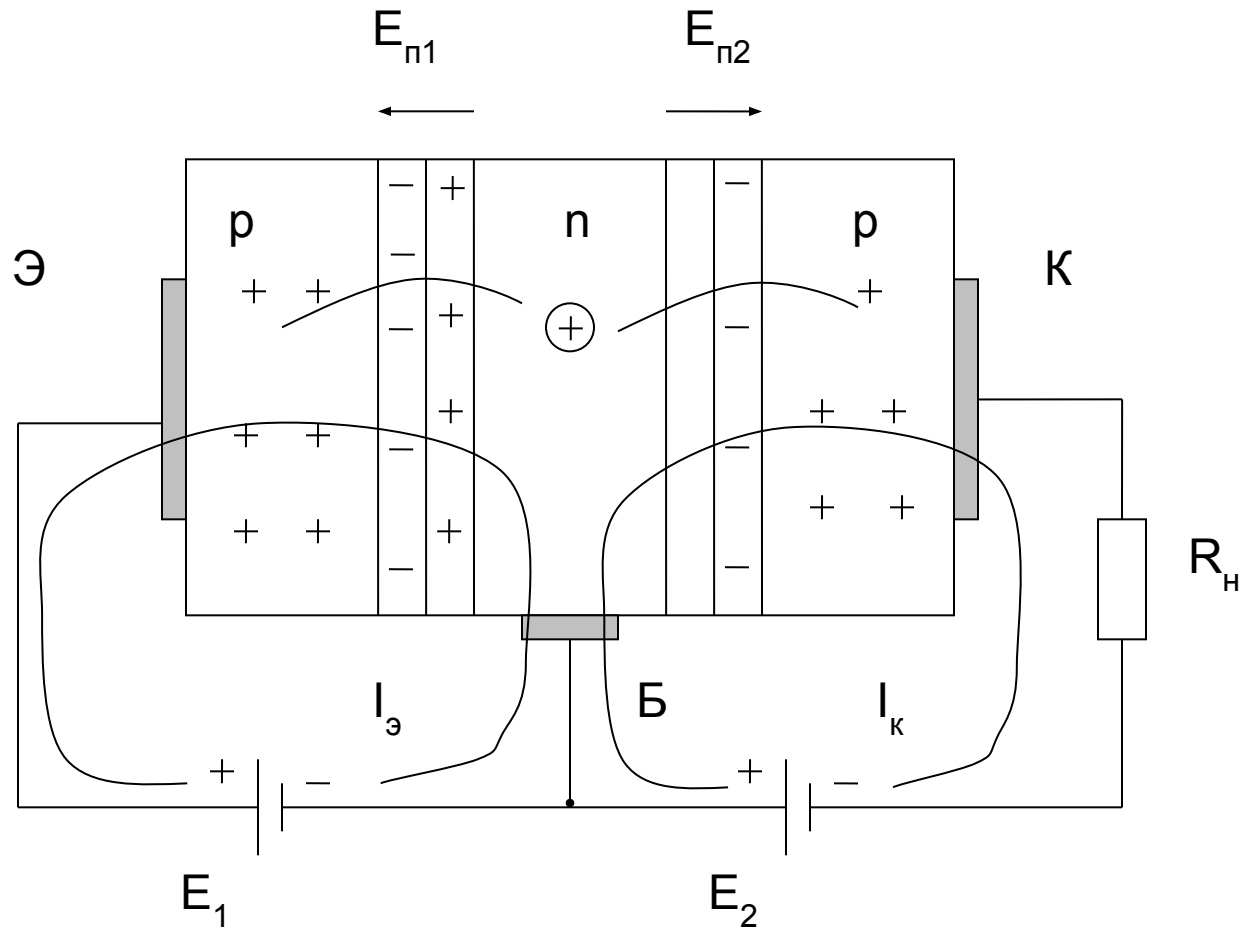
БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



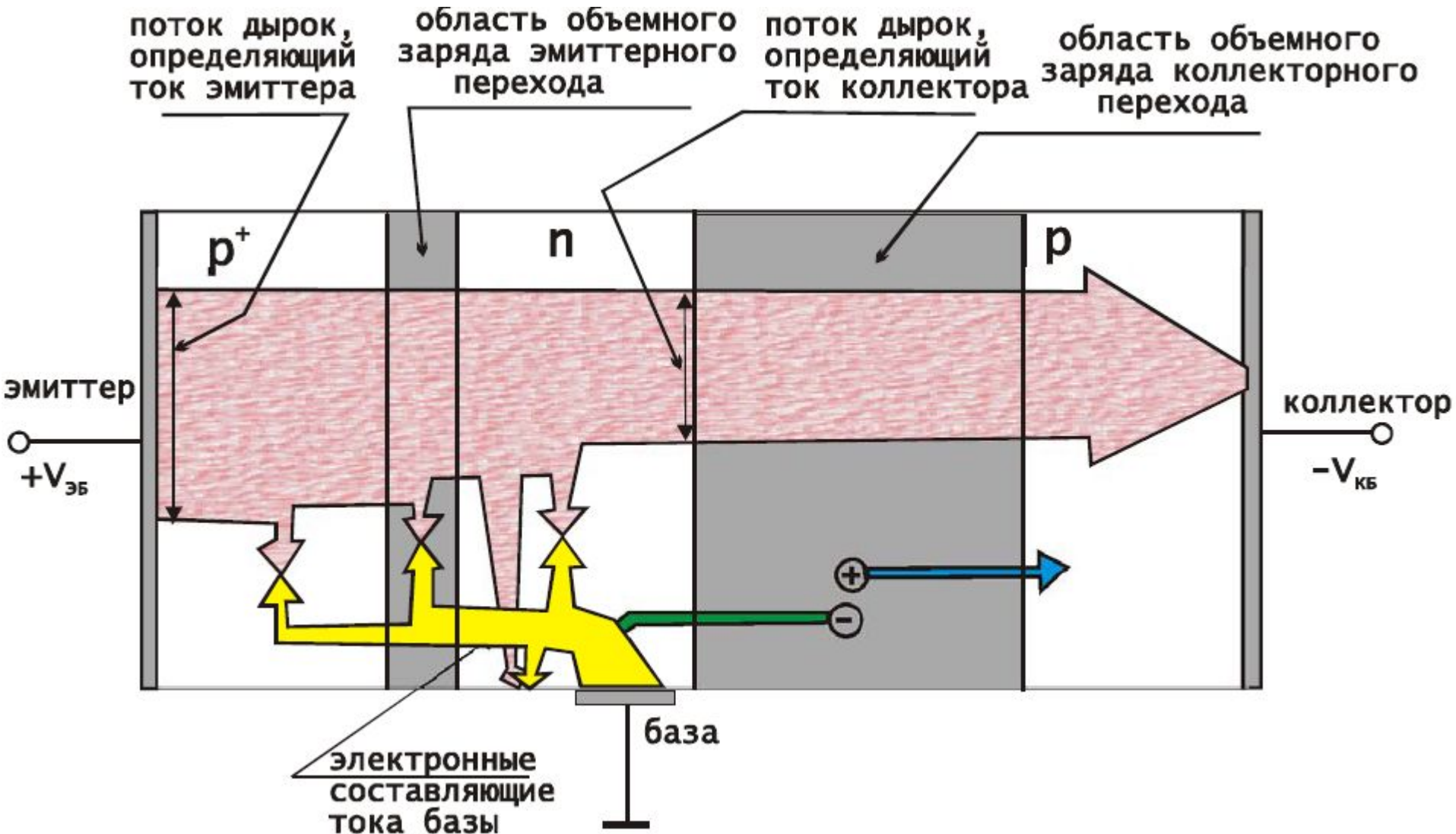
БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



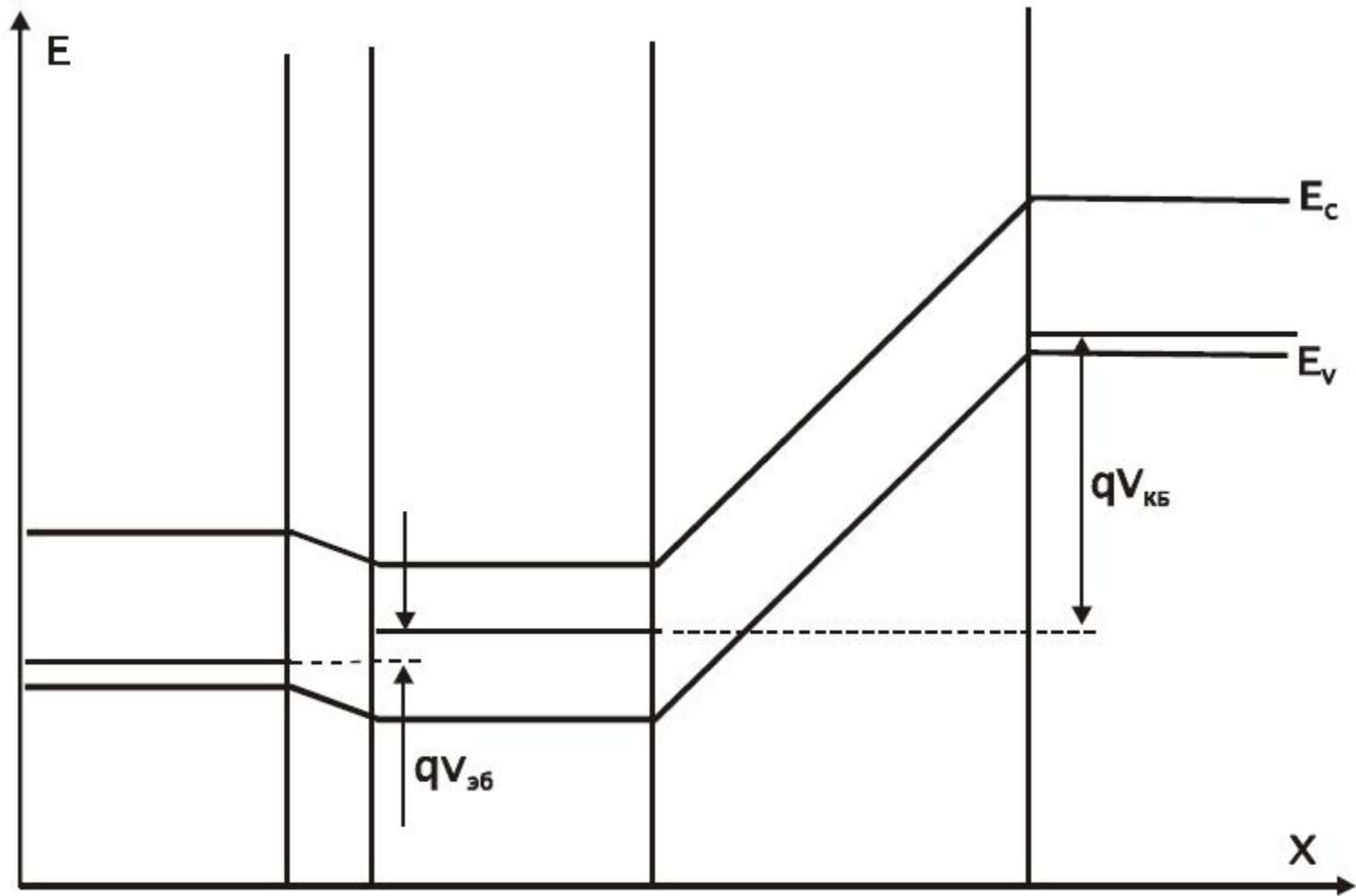
БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



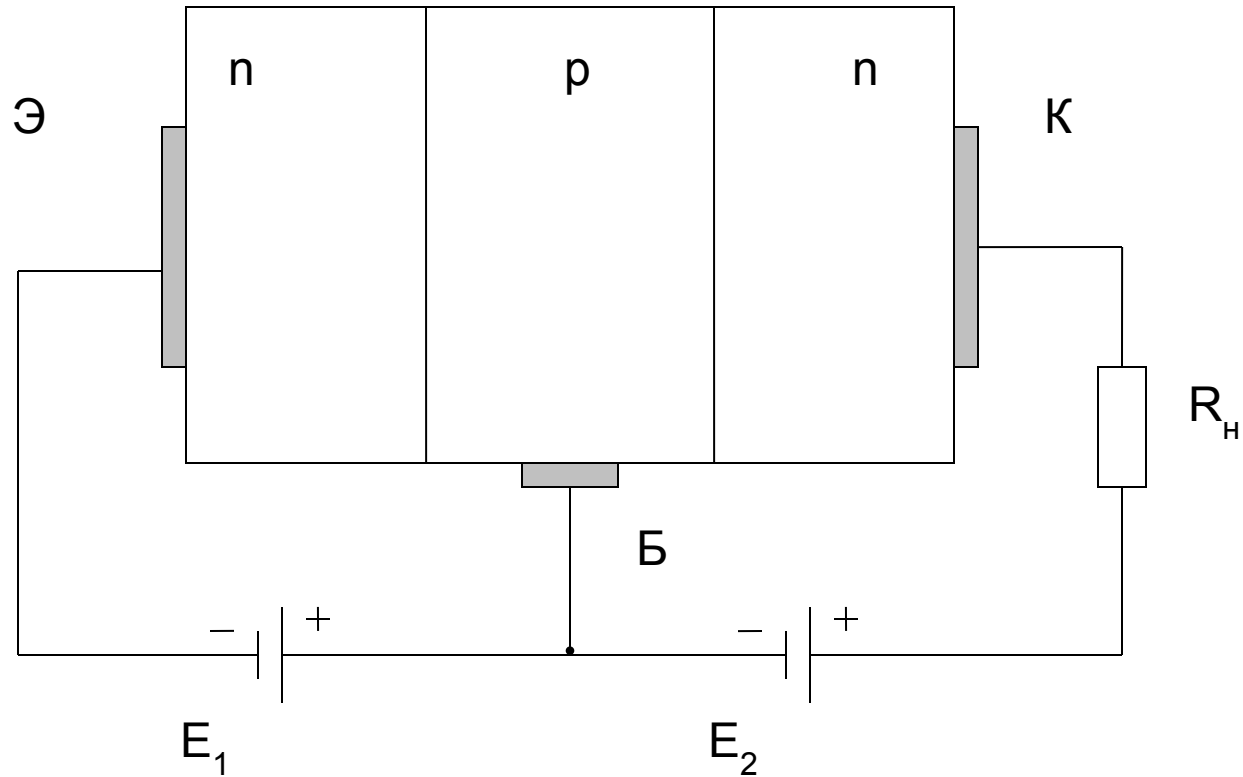
БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Структура и основные режимы работы.



5. ТИРИСТОРЫ

- § 5.1. Структура и принцип действия.
- § 5.2. Способы переключения.
- § 5.3. Конструкция и технология изготовления.
- § 5.4. Параметры и характеристики.

Тиристоры

Структура и основные режимы работы.

Тиристором называется четырёхслойный полупроводниковый прибор, состоящий из последовательно чередующихся областей р- и n – типов проводимости.

Первый вид тиристоров – это динисторы.

- Динисторы – это диодные тиристоры, или неуправляемые переключательные диоды.
- Тринисторы – это управляемые переключательные диоды.
- Симисторы – это симметричные тиристоры, т. е. тиристоры с симметричной ВАХ.

Рассмотрим эти приборы.

1) Устройство и принцип действия динисторов.

2) Основные параметры тиристоров.

3) Тринисторы.

4) Понятие о симисторах.

1) Устройство и принцип действия динисторов. Наружная р-область и вывод от неё называется анодом (смотрите Рис. 109).

Тиристоры

Структура и основные режимы работы.

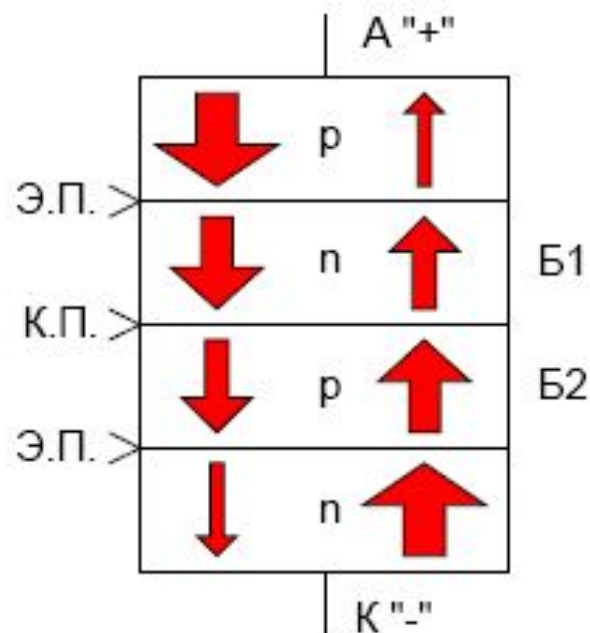


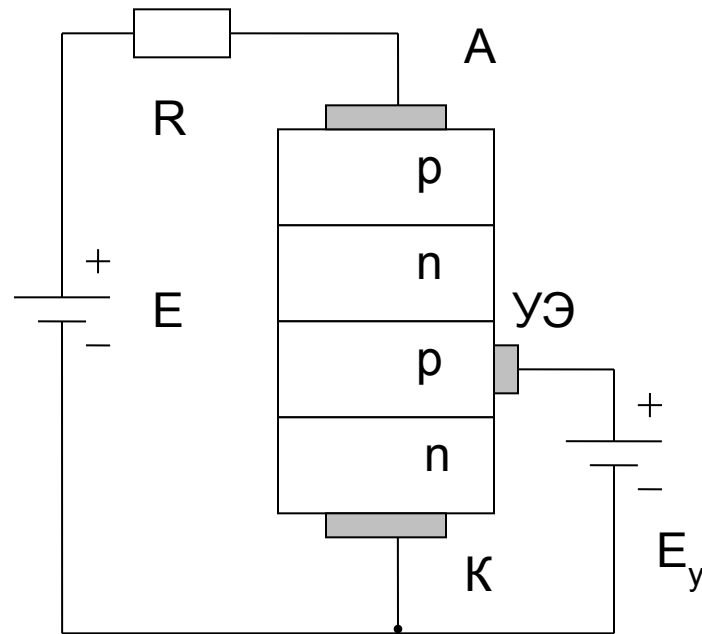
Рис. 109

Наружная n-область и вывод от неё называется катодом. Внутренние p- и n-области называются базами динистора. Крайние p-n переходы называются эмиттерными, а средний p-n переход называется коллекторным. Подадим на анод «-», а на катод «+». При этом эмиттерные переходы будут закрыты, коллекторный открыт. Основные носители зарядов из анода и катода не смогут перейти в базу, поэтому через динистор будет протекать только маленький обратный ток, вызванный не основными носителями заряда.

Если на анод подать «+», а на катод «-», эмиттерные переходы открываются, а коллекторный закрывается.

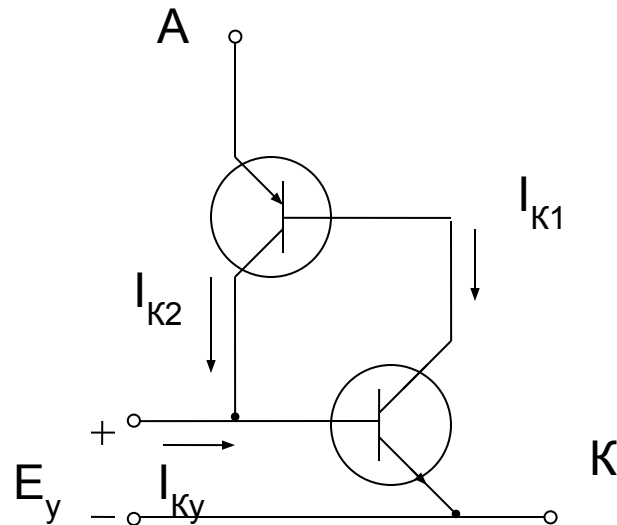
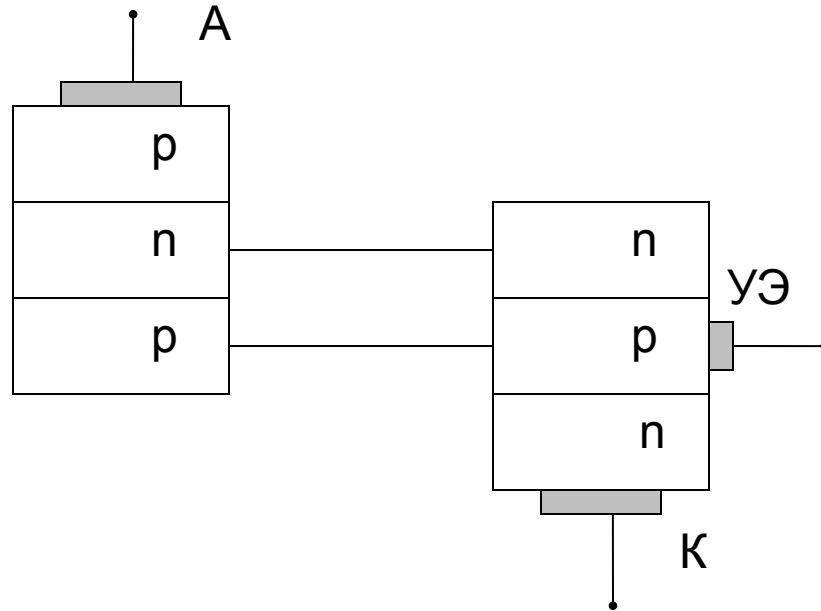
Тиристоры

Тиристоры и динисторы



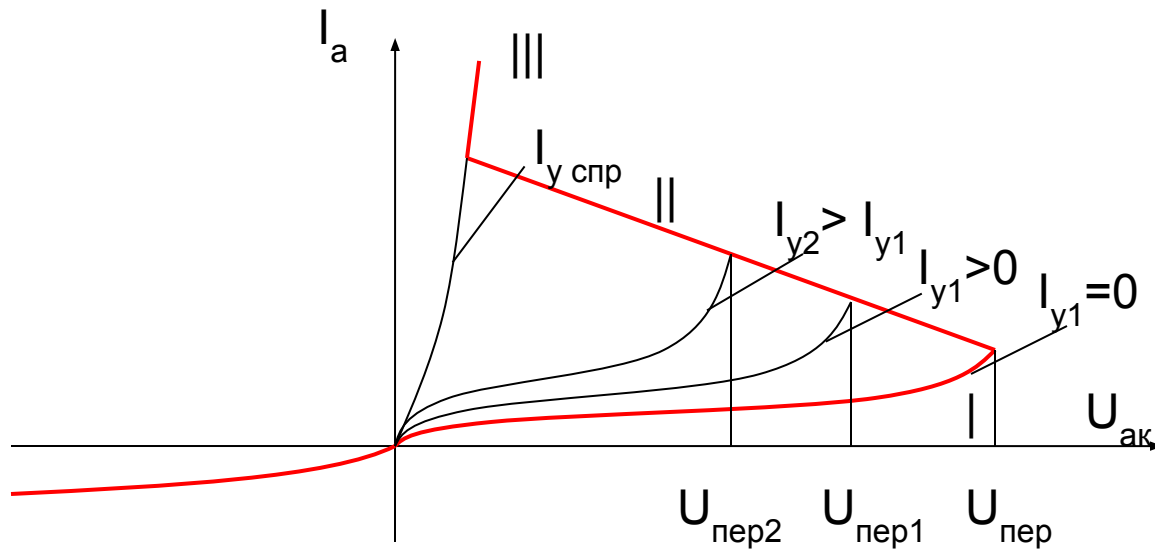
Тиристоры

Тиристоры и динисторы



Тиристоры

Тиристоры и динисторы



Тиристоры

Динисторы

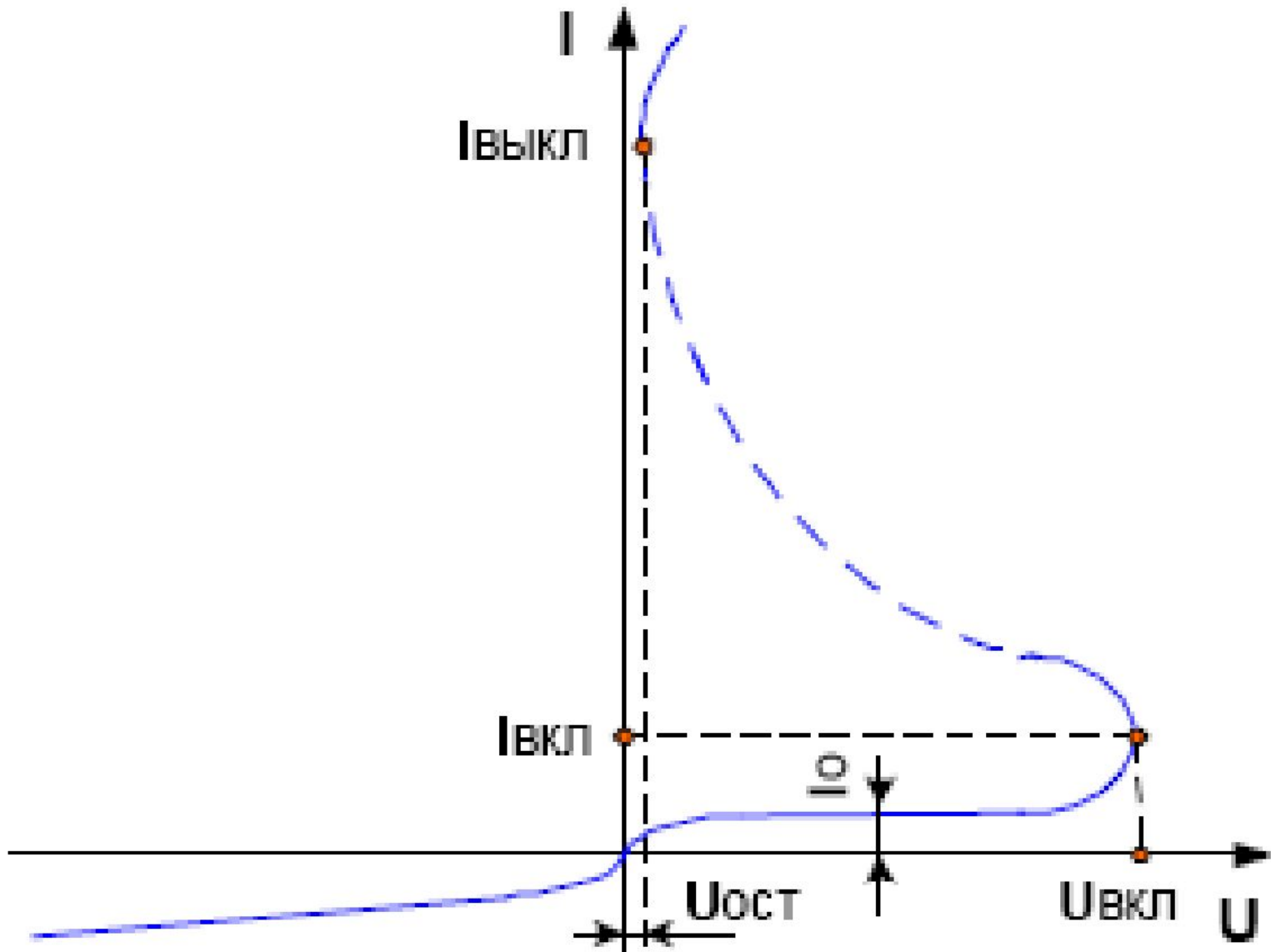
Динисторы применяются в виде бесконтактных переключательных устройств, управляемых напряжением.

Принцип действия.

Основные носители зарядов переходят из анода в базу 1, а из катода – в базу 2, где они становятся не основными и в базах происходит интенсивная рекомбинация зарядов, в результате которой количество свободных носителей зарядов уменьшается. Эти носители заряда подходят к коллекторному переходу, поле которых для них будет ускоряющим, затем проходят базу и переходят через открытый эмиттерный переход, т. к. в базах они опять становятся основными. Пройдя эмиттерные переходы, электроны переходят в анод, а дырки – в катод, где они вторично становятся не основными и вторично происходит интенсивная рекомбинация. В результате количество зарядов, прошедших через динистор, будет очень мало и прямой ток также будет очень мал. При увеличении напряжения прямой ток незначительно возрастает, т. к. увеличивается скорость движения носителей, а интенсивность рекомбинации уменьшается. При увеличении напряжения до определённой величины происходит электрический пробой коллекторного перехода. Сопротивление динистора резко уменьшается, ток через него сильно увеличивается и падение напряжения на нём значительно уменьшается. Считается, что динистор перешёл из выключенного состояния во включённое.

Тиристоры

Структура и основные режимы работы.



Тиристоры

Основные параметры тиристоров.

Напряжение включения ($U_{вкл}$) – это напряжение, при котором ток через динистор начинает сильно возрастать.

Ток включения ($I_{вкл}$) – это ток, соответствующий напряжению включения.

Ток выключения ($I_{выкл}$) – это минимальный ток через тиристор, при котором он остаётся ещё во включённом состоянии.

Остаточное напряжение ($U_{ост}$) – это минимальное напряжение на тиристоре во включённом состоянии.

Ток утечки (I_o) – это ток через тиристор в выключенном состоянии при заданном напряжении на аноде.

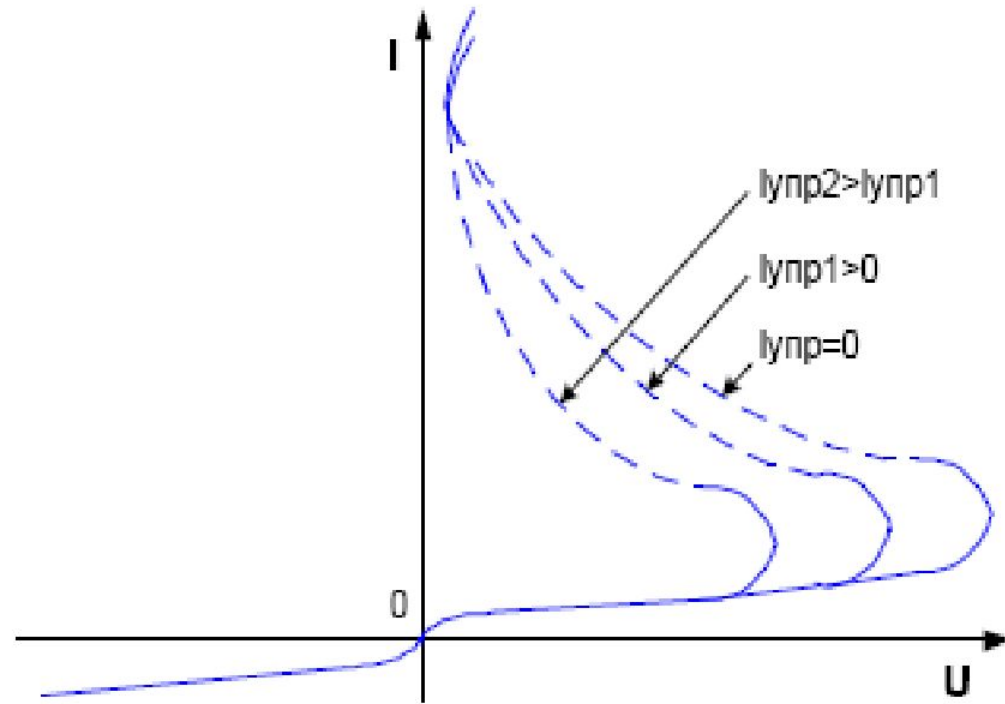
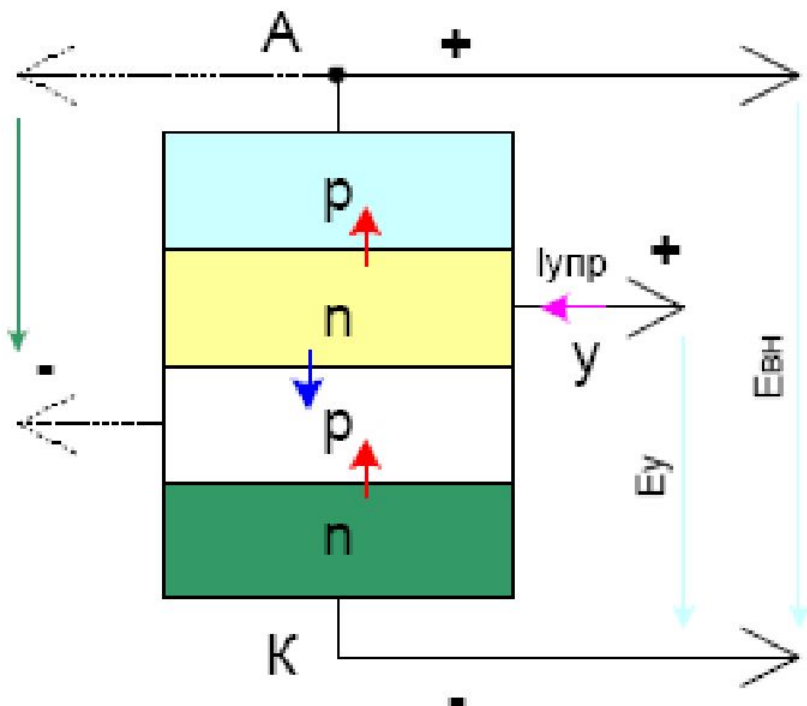
Максимально допустимое обратное напряжение ($U_{обр.max}$).

Максимально допустимое прямое напряжение ($U_{пр.max}$).

Время включения ($t_{вкл}$) – это время, за которое напряжение на тиристоре уменьшится до 0,1 напряжения включения.

Время выключения ($t_{выкл}$) – это время, за которое тиристор переходит из включённого в выключенное состояние.

Тиристоры



Тиристоры

Тринисторы

Тринисторы можно включать при напряжениях, меньших напряжения включения динистора.

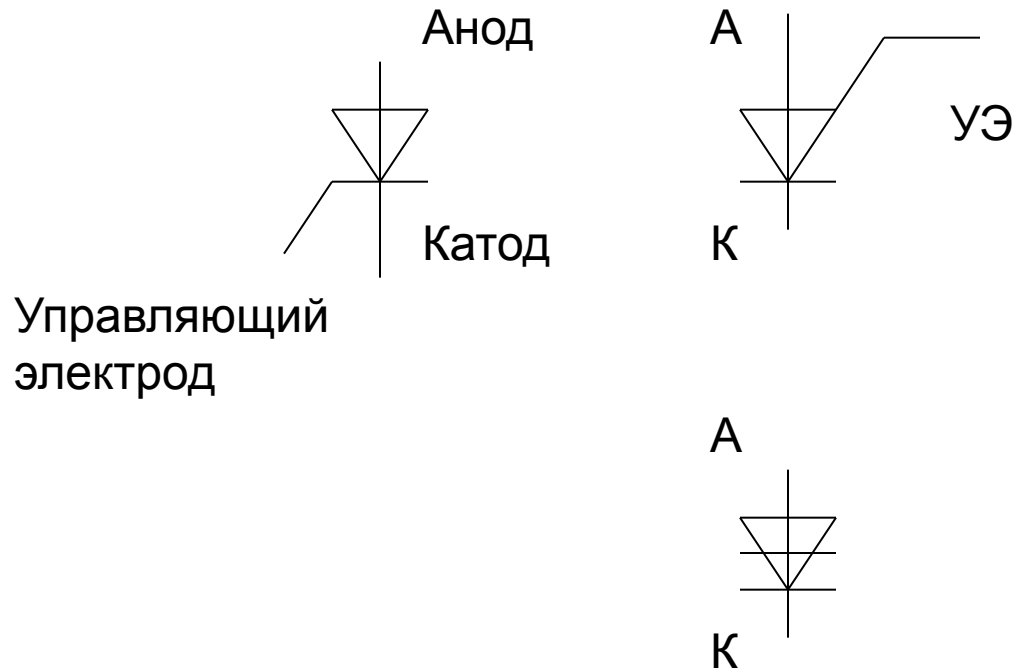
Для этого достаточно на одну из баз подать дополнительное напряжение таким образом, чтобы создаваемое им поле совпадало по направлению с полем анода на коллекторном переходе.

Можно подать ток управления на вторую базу, но для этого на управляющий электрод необходимо подавать напряжение отрицательной полярности относительно анода, и поэтому различают тринисторы с управлением по катоду и с управлением по аноду.

На рисунках 114 – 119 изображены условные графические обозначения (УГО) рассматриваемых в данной теме приборов. На рисунке 114 – УГО динистора, на 115 – тринистора с управлением по катоду, на 116 – тринистора с управлением по аноду, на 117 – неуправляемого симистора, на 118 – симистора с управлением по аноду, и на 119, соответственно, симистора с управлением по катоду.

Тиристоры

Тиристоры и динисторы



Тиристоры

Тринисторы

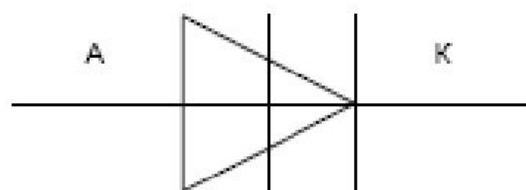


Рис. 114

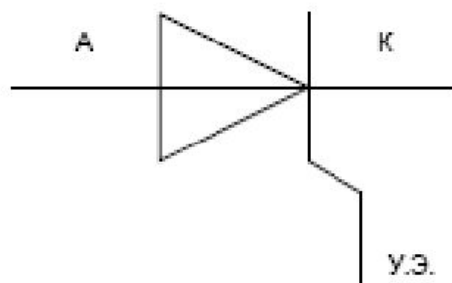


Рис. 115

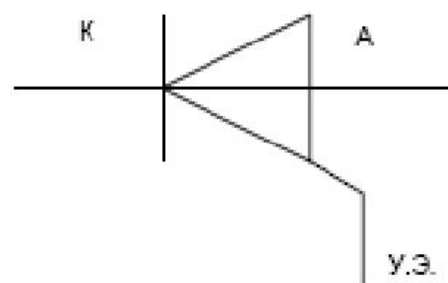


Рис. 116

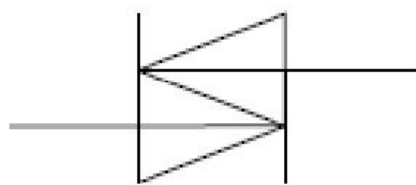


Рис. 117

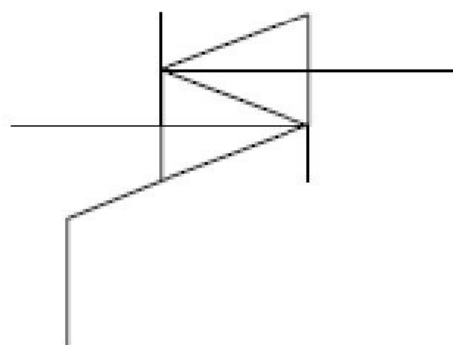


Рис. 118

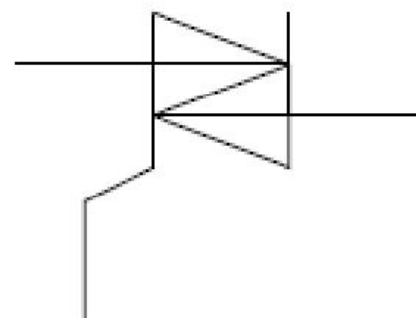


Рис. 119

Маркировка расшифровывается так:

КН102Б – кремниевый динистор; КУ202А – кремниевый тринистор. Первая буква «К» обозначает материал кремний. Вторая – тип прибора – динистор или тринистор. Третья группа – трёхзначный цифровой код, и четвёртая группа, расшифровываются так же, как и все рассмотренные ранее полупроводниковые приборы.

Тиристоры

Понятие о симисторах.

Подадим положительное напряжение на области $p1$, $n1$, а отрицательное на области $p2$, $n3$.

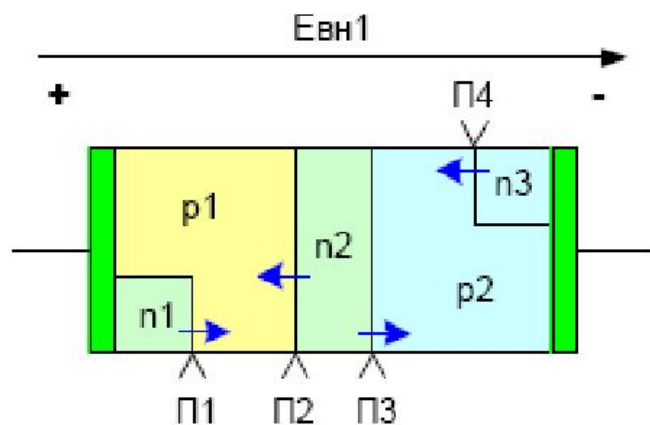


Рис. 120

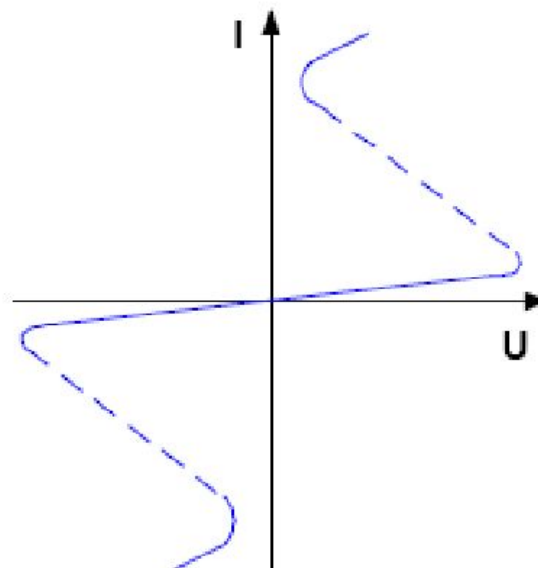


Рис. 121

Переход $\Pi1$ закрыт, и выключается из работы область $n1$. Переходы $\Pi2$ и $\Pi4$ открыты и выполняют функцию эмиттерных переходов. Переход $\Pi3$ закрыт и выполняет функцию коллекторного перехода.

Таким образом, структура симистора будет представлять собой области $p1$, $n2$, $p2$, $n3$, где $p1$ будет выполнять функции анода, а $n3$ — катода при прямом включении. Подадим напряжение плюсом на области $p2$, $n3$, а минусом на области $p1$, $n1$. Переход $\Pi4$ закроется и выключит из работы область $n3$. Переходы $\Pi1$ и $\Pi3$ откроются и будут играть роль эмиттерных переходов. Переход $\Pi2$ закроется и будет выполнять функцию коллекторного перехода.

Структура симистора будет иметь вид $p2$ - $n2$, $p1$ - $n1$, где область $p2$ будет являться анодом, а $n1$ — катодом. В результате будет получаться структура в прямом включении, но при обратном напряжении. ВАХ будет иметь вид, изображенный на Рис. 121.

6. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ И ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

§ 6.1. Полевые транзисторы с управляющим p - n -переходом.

§ 6.2. Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с управляющим p - n -переходом.

§ 6.3. Эквивалентные схемы полевого транзистора с управляющим p - n -переходом.

§ 6.4. Частотные свойства полевых транзисторов с управляющим p - n -переходом.

§ 6.5. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы).

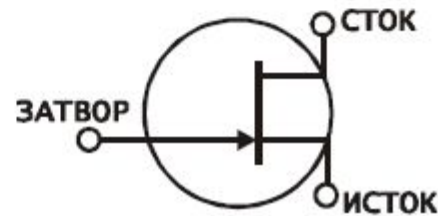
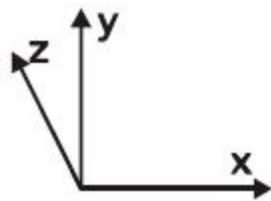
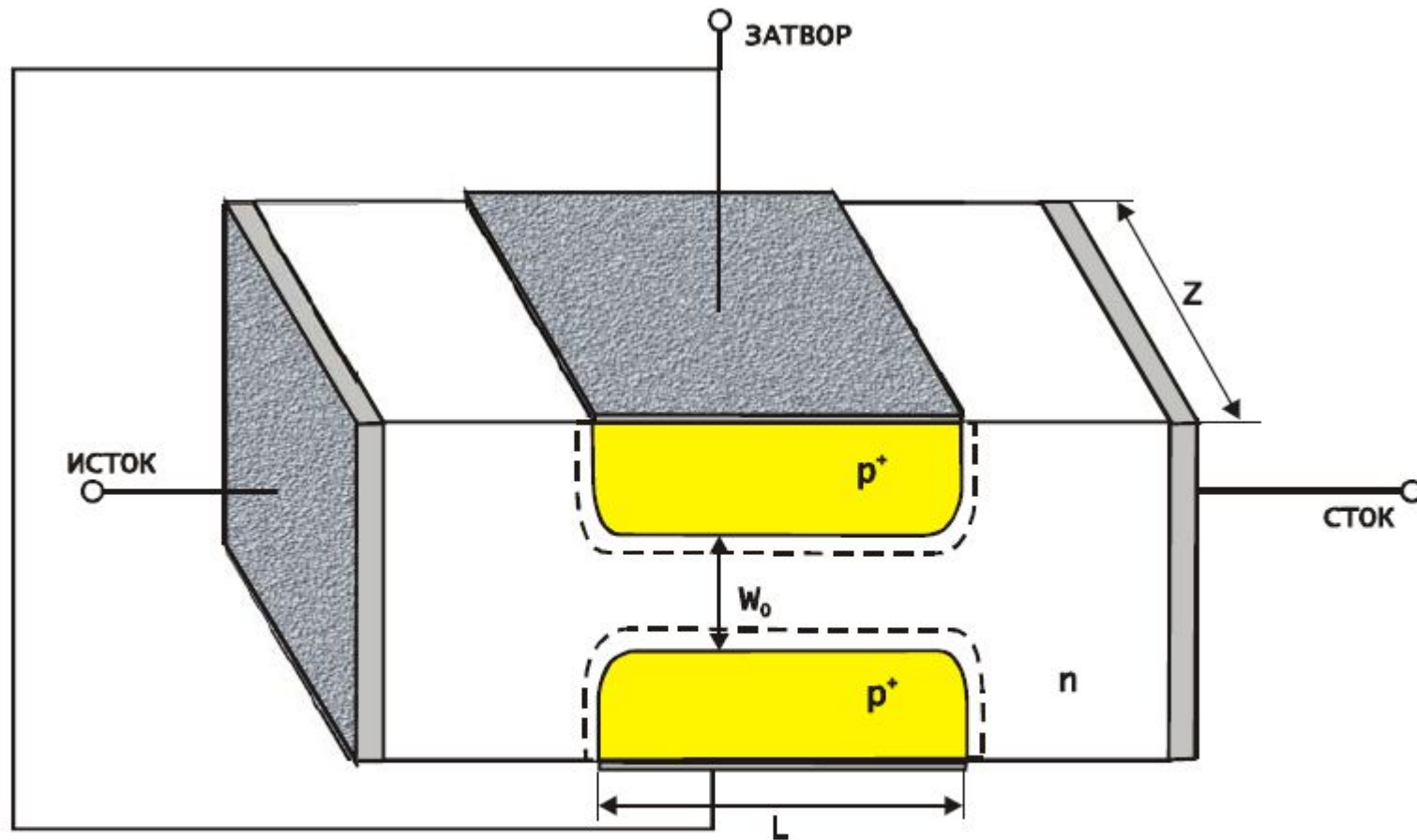
§ 6.6. Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с изолированным затвором.

§ 6.7. Параметры и свойства полевых транзисторов с изолированным затвором.

§ 6.8. Полупроводниковые приборы с зарядовой связью.

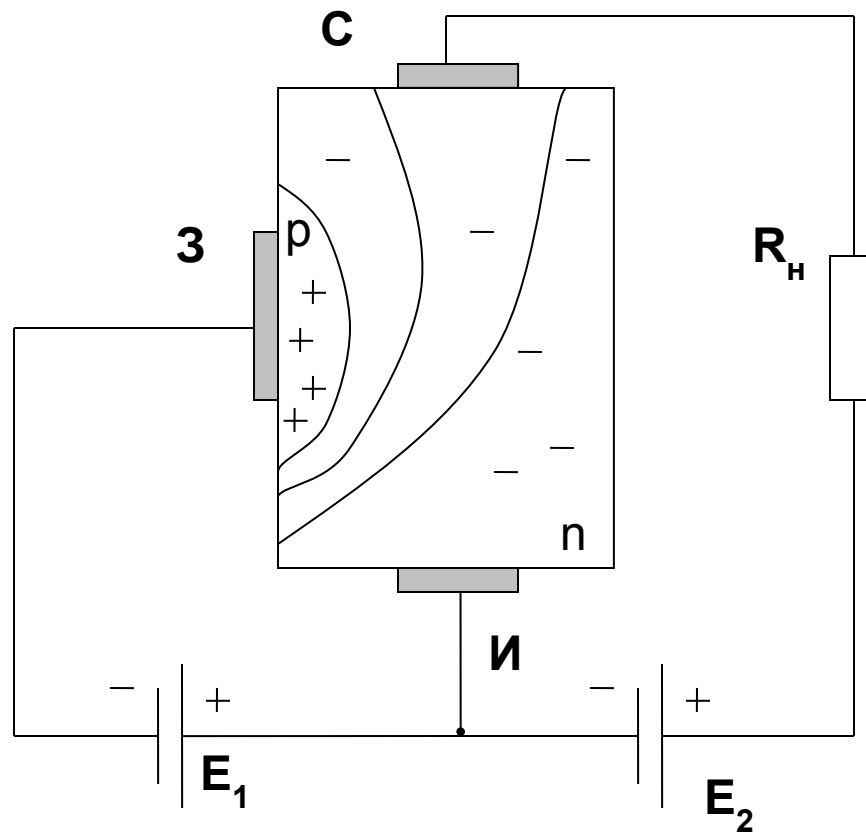
§ 6.9. Разновидности приборов с зарядовой связью.

Полевые транзисторы



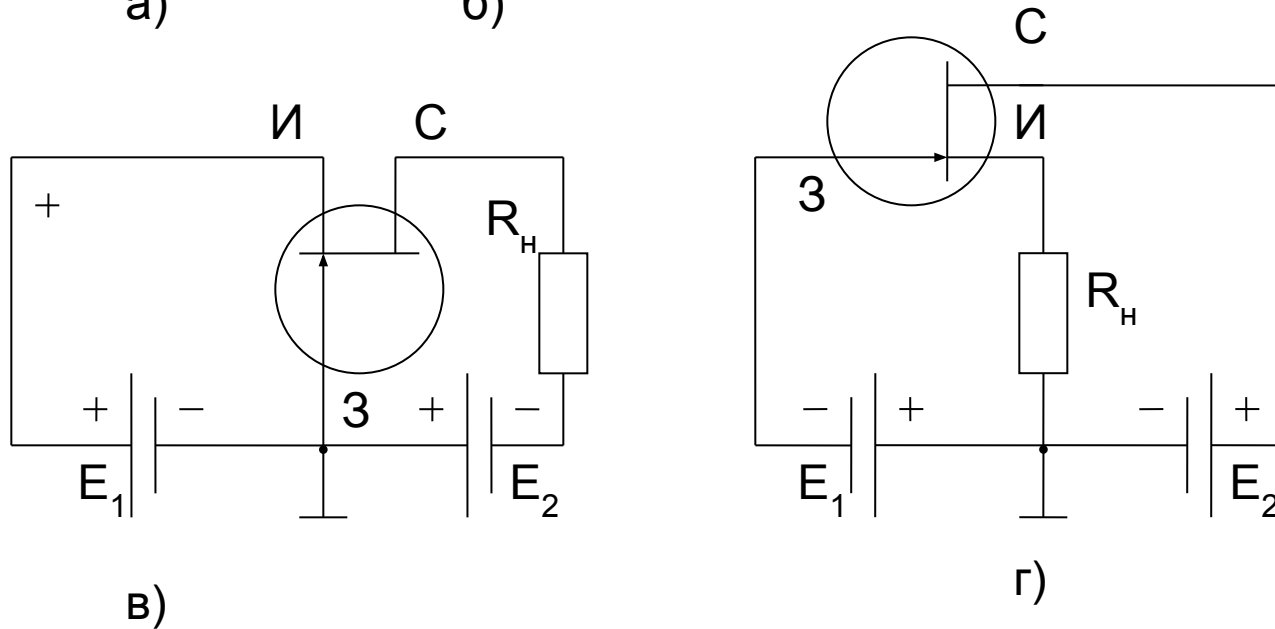
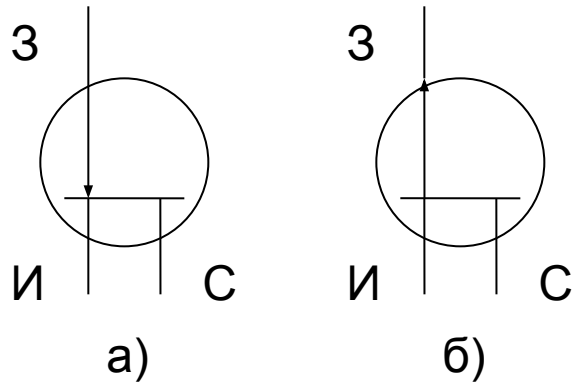
Полевые транзисторы

Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом



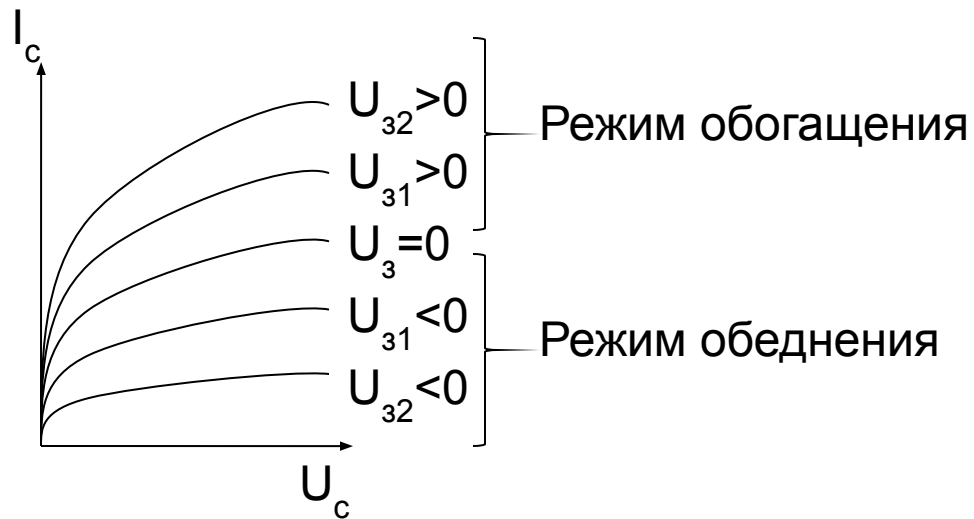
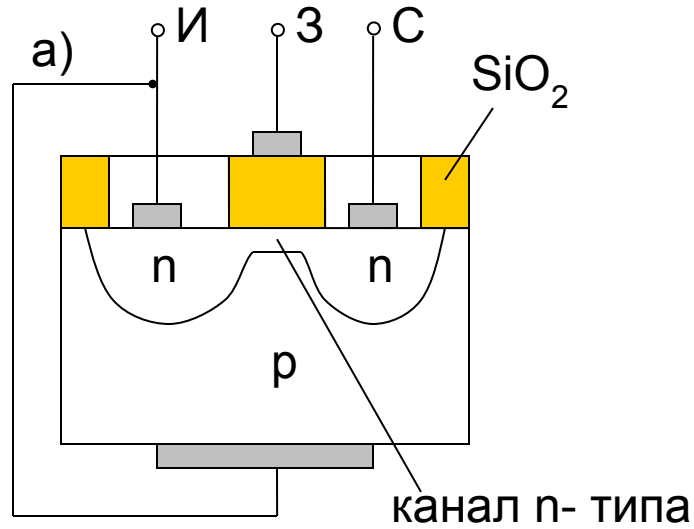
Полевые транзисторы

Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом



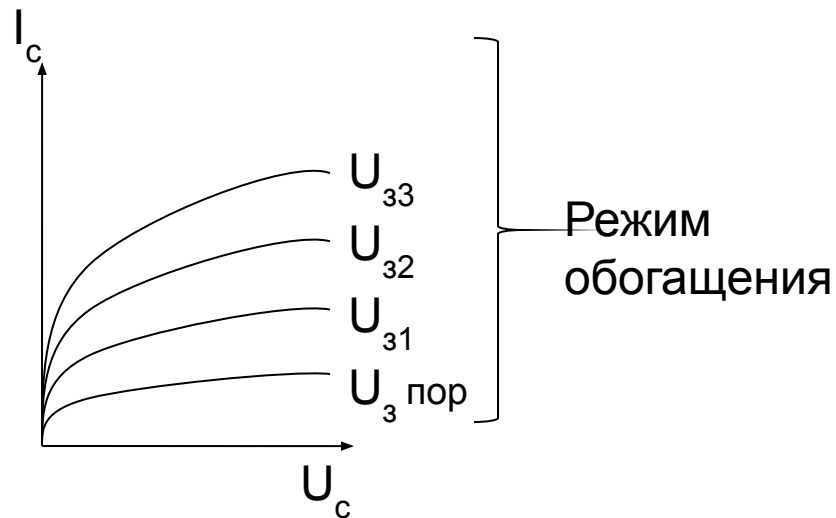
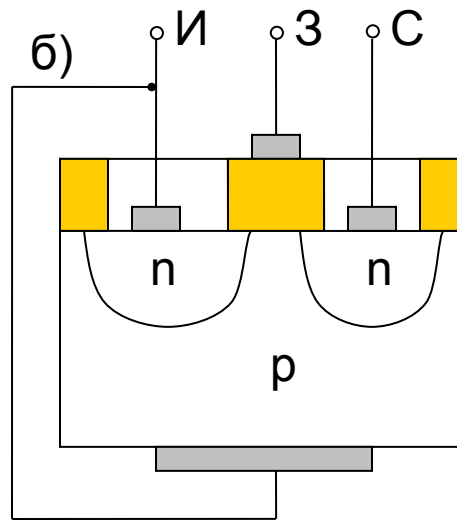
Полевые транзисторы

Полевые транзисторы с изолированным затвором



Полевые транзисторы

Полевые транзисторы с изолированным затвором



ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

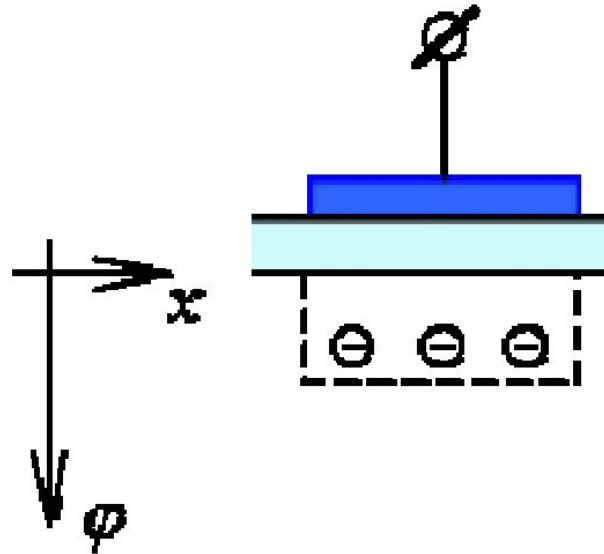


Рис.1а. Образование потенциальной ямы при приложении напряжения к затвору.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

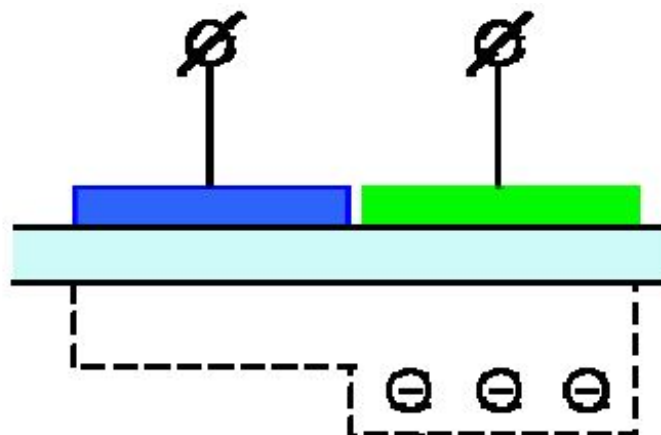
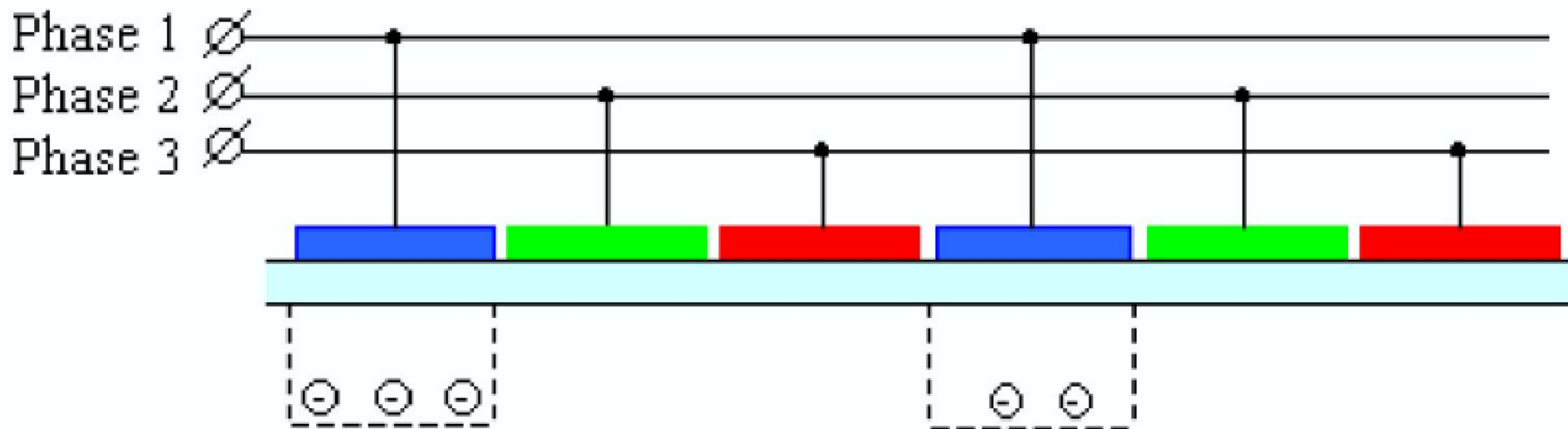


Рис.16. Перекрытие потенциальных ям двух близко расположенных затворов. Заряд перетекает в яму, в которой потенциальная яма глубже.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ



**Рис.1в. Простейший трёхфазный ПЗС-регистр.
Заряд в каждой потенциальной яме разный!**

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

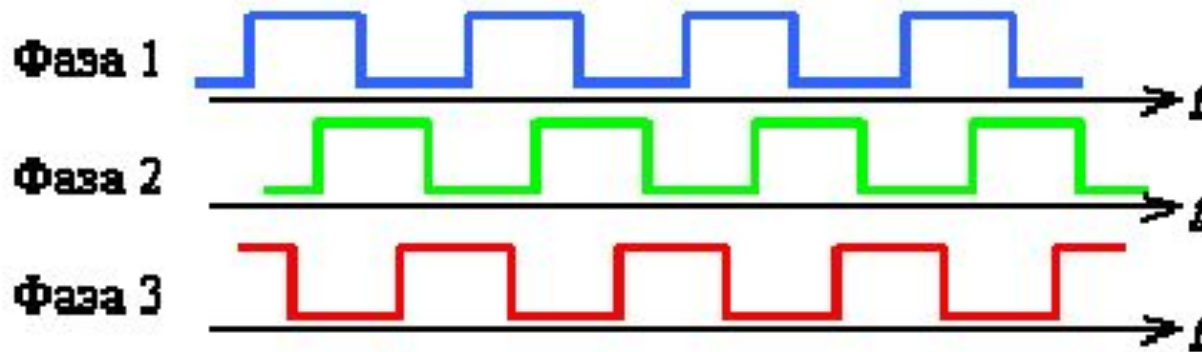


Рис.1г. Тактовые диаграммы управления трёхфазным регистром -- это три меандра, сдвинутые на 120° .

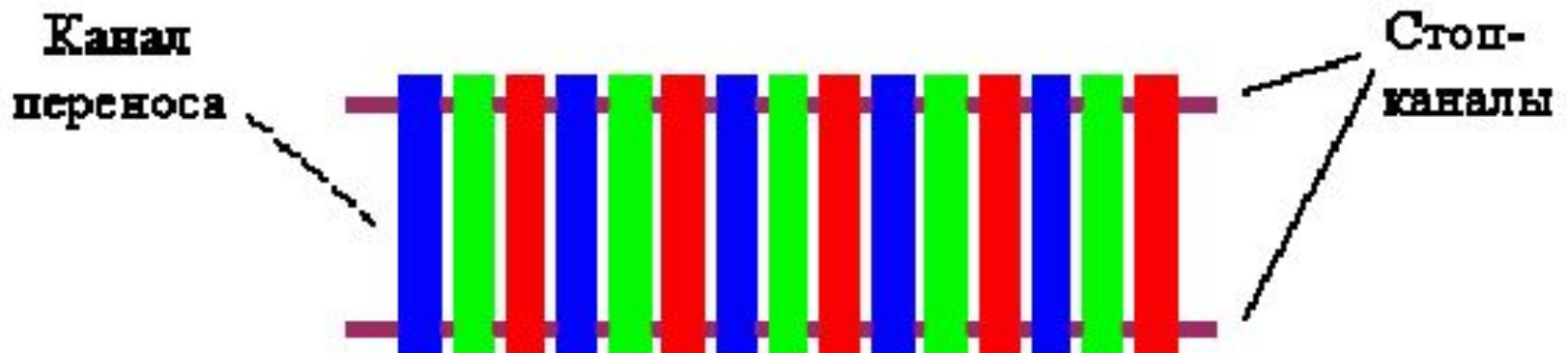


Рис.1д. Вид на регистр «сверху». Канал переноса в боковом направлении ограничивается стоп-каналами.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Нескомпенсированный заряд примесей



Рис.2а. Распределение зарядов в скрытом канале.

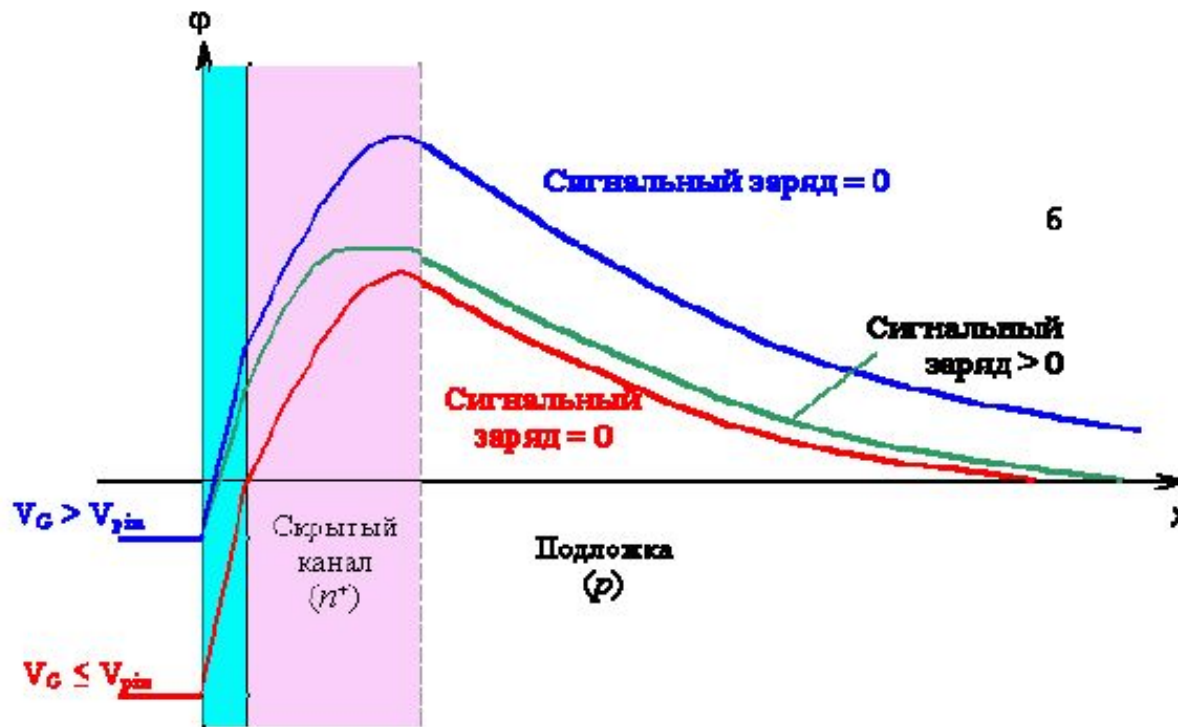


Рис.2б. Распределение потенциалов в ПЗС со скрытым каналом: при отсутствии сигнального заряда, с сигнальным зарядом и при фиксации поверхностного потенциала.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

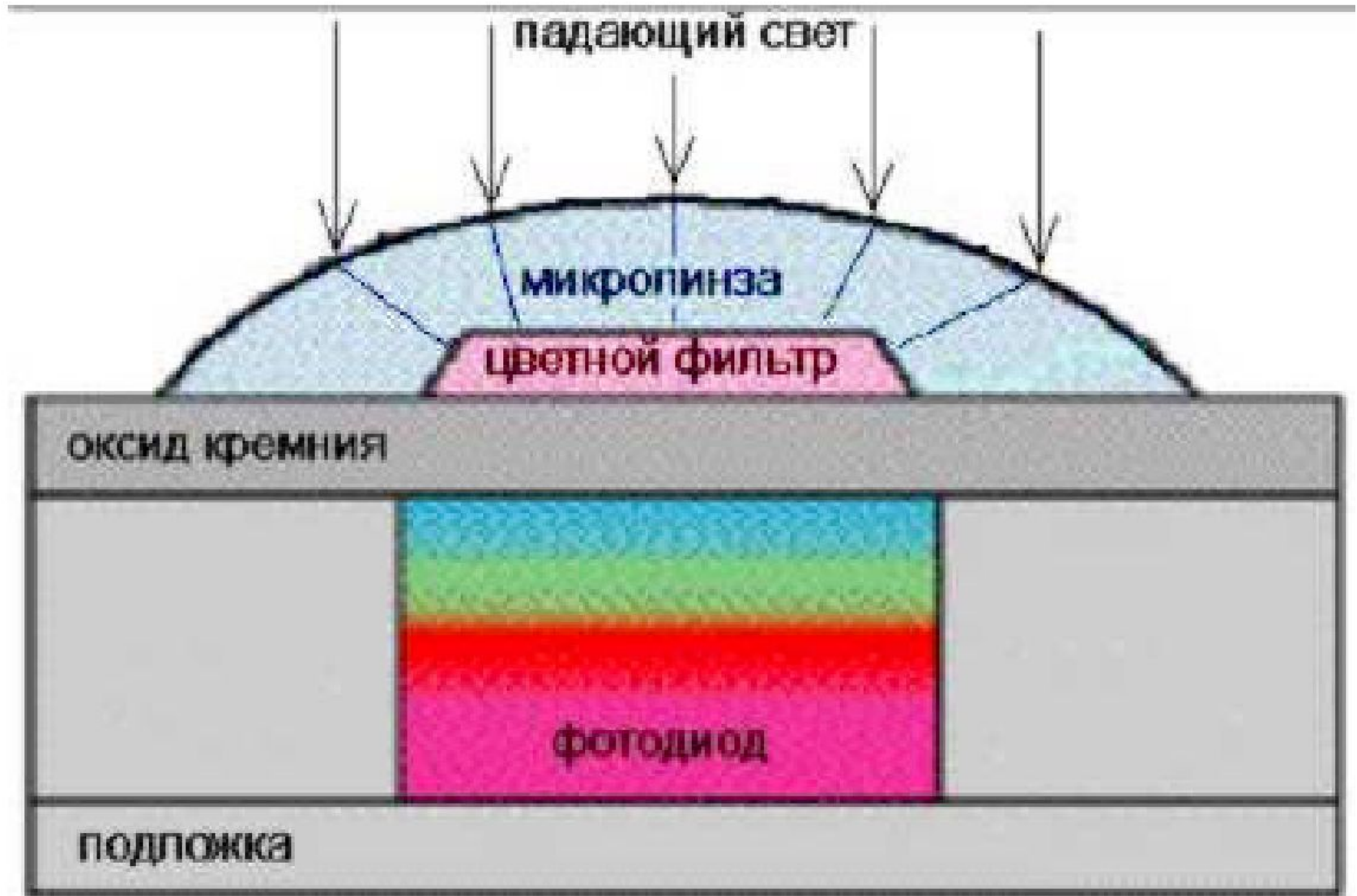


Рис.4в. Дополнительная секция памяти к матрице с МП.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

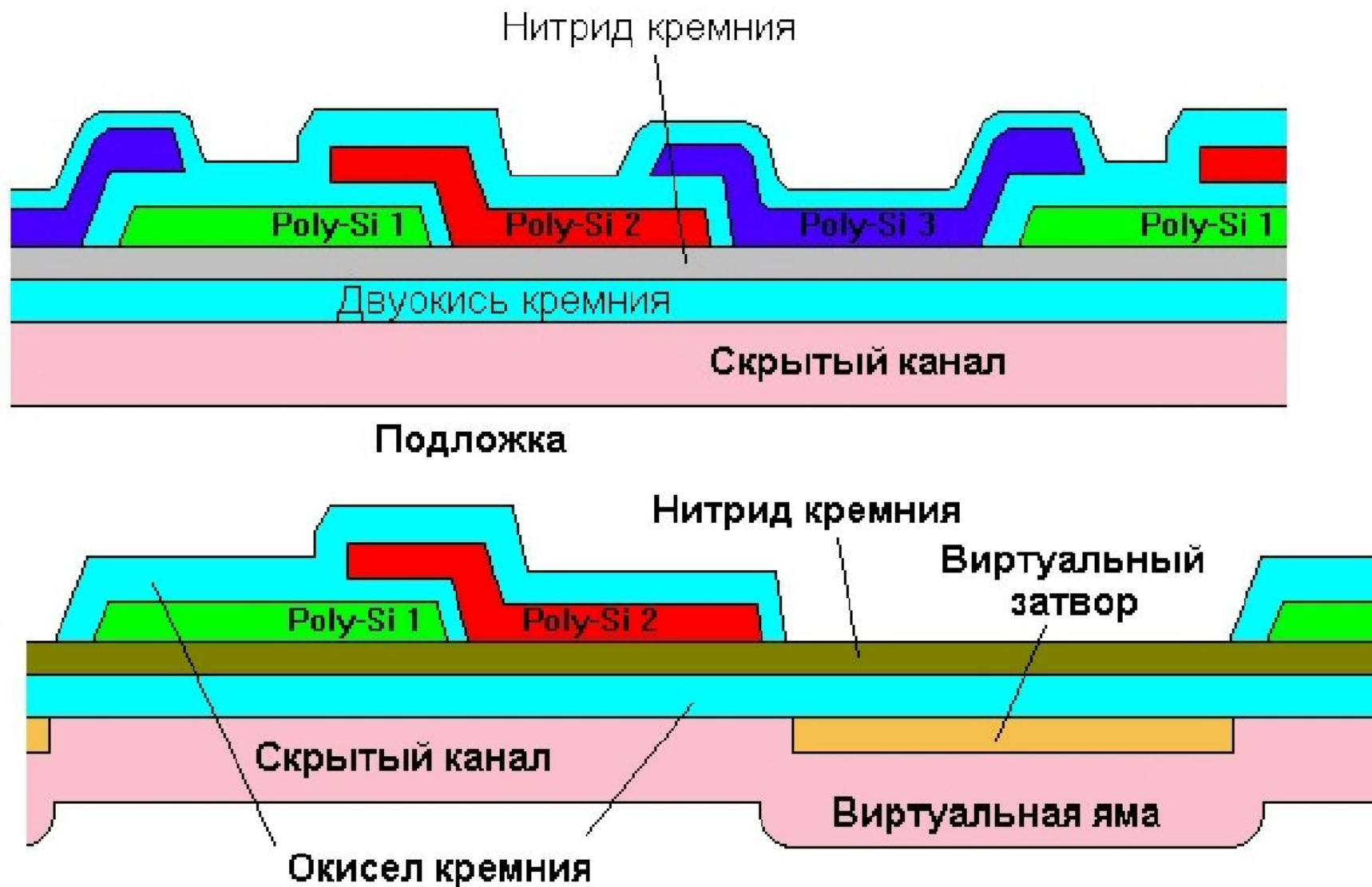


Рис.5. Сечение трёхфазного ПЗС с электродами из поликристаллического кремния (вверху) и с виртуальной фазой (внизу). Около половины площади ячейки свободно от поликремния.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

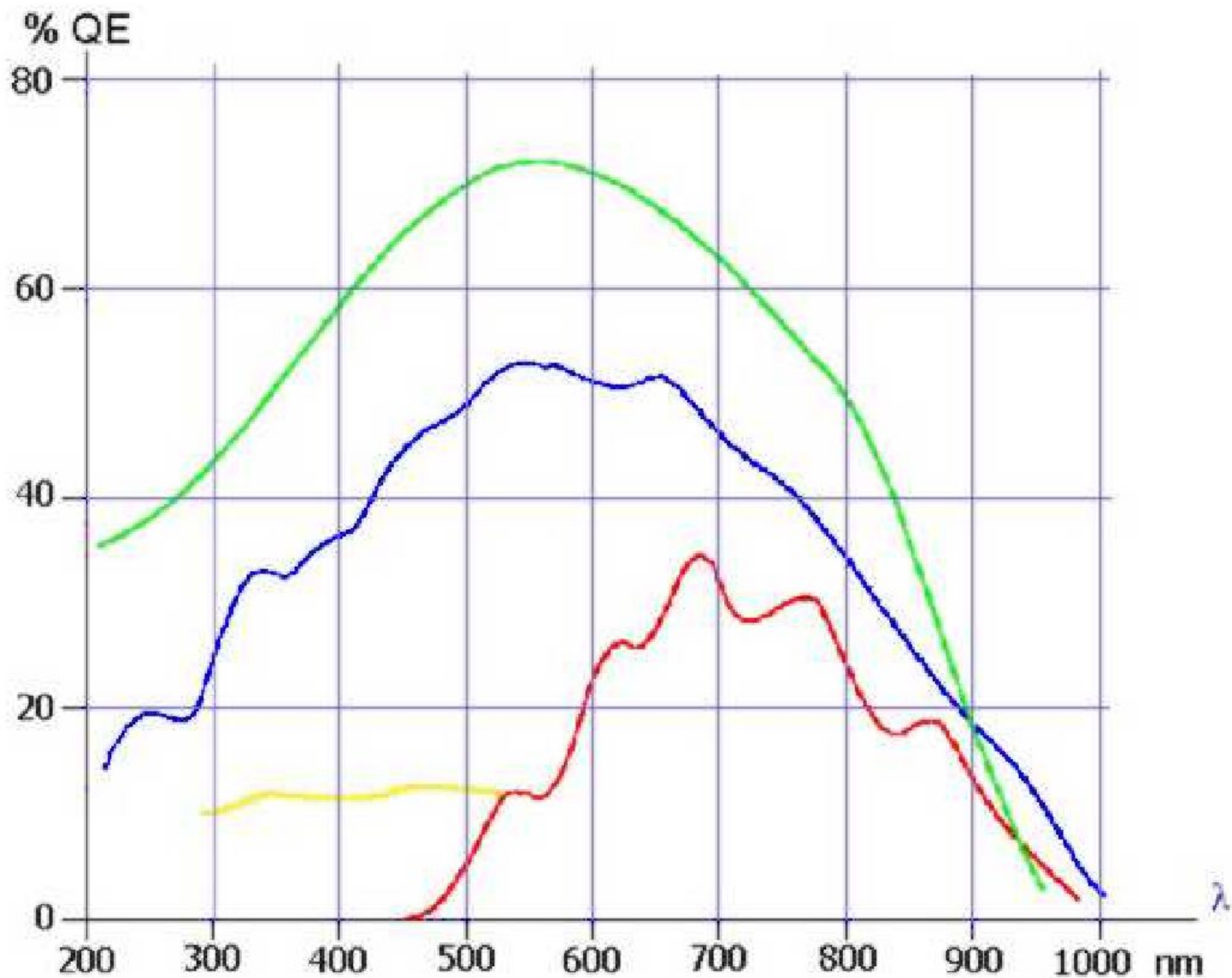


Рис.6. Спектральные характеристики абсолютного квантового выхода:
обычного ПЗС, ПЗС с люминофорным покрытием,
с освещением с обратной стороны подложки, с виртуальной фазой.

ПРИБОРЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Недавно фирма **Sony** анонсировала **Microblock CCD** - цветную **ПЗС-матрицу** и чипсет управления ПЗС и обработки видеосигнала, смонтированные в единый корпус со встроенным пластмассовым объективом. На выходе формируется стандартный ТВ сигнал. Размер этой цветной телекамеры – **18,3 на 18,3 на 7,3 миллиметра**.

Транзисторы MOSFET и IGBT

Конструируем силовой ключ

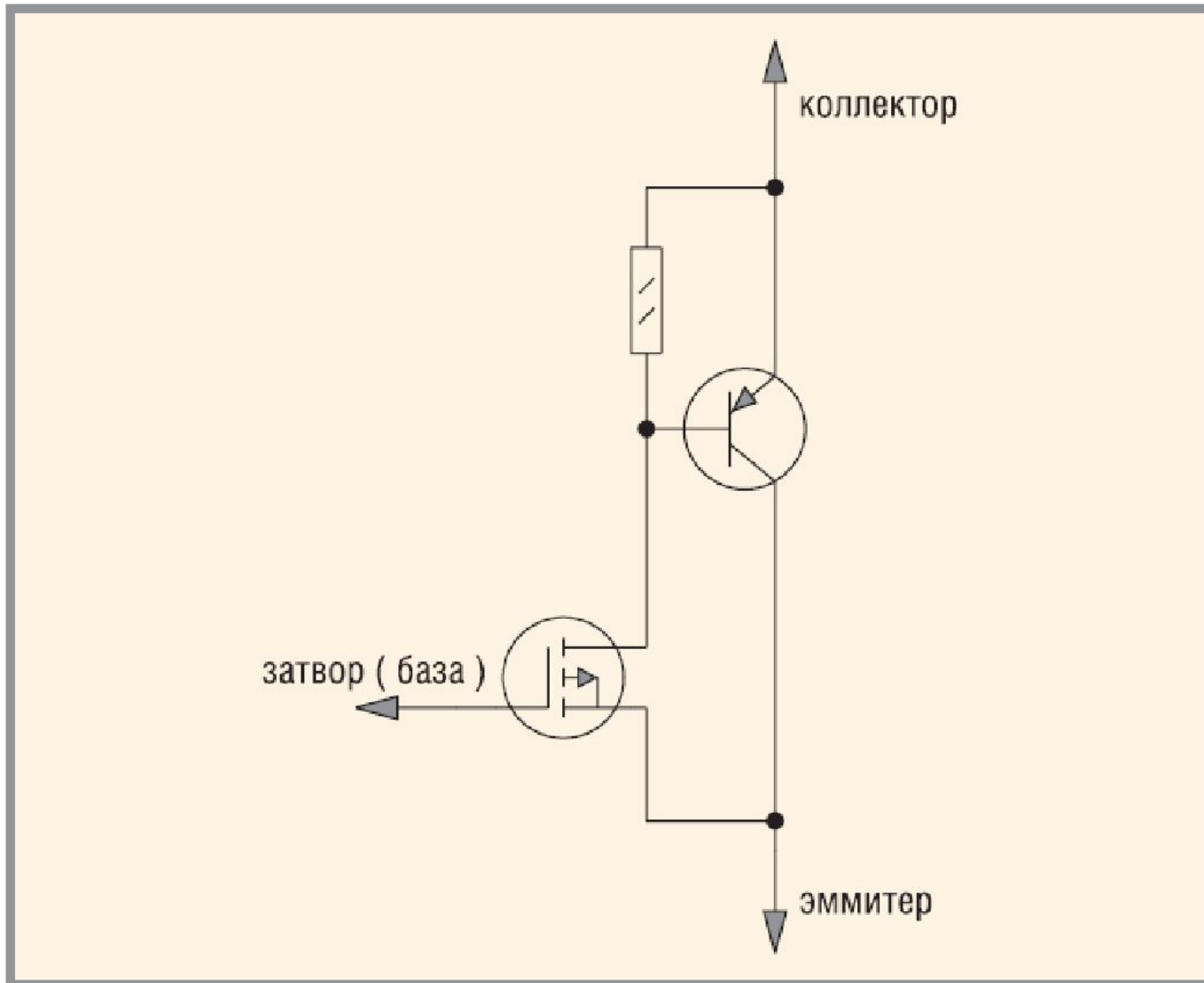


Рис. 1. Эквивалентная схема IGBT

Транзисторы MOSFET и IGBT

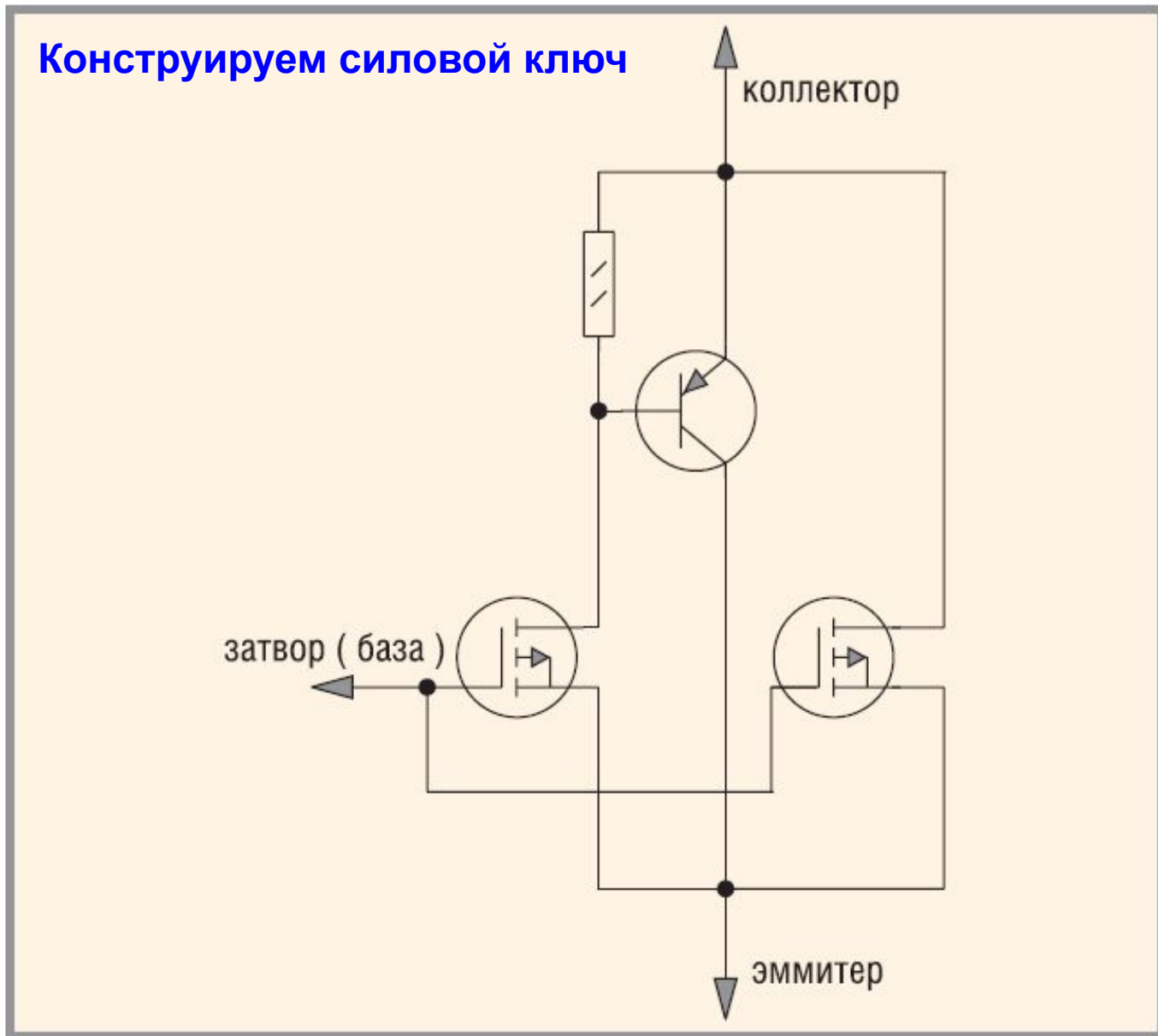


Рис. 2. Эквивалентная схема трёхсоставного IGBT

Транзисторы MOSFET и IGBT

Конструируем силовой ключ

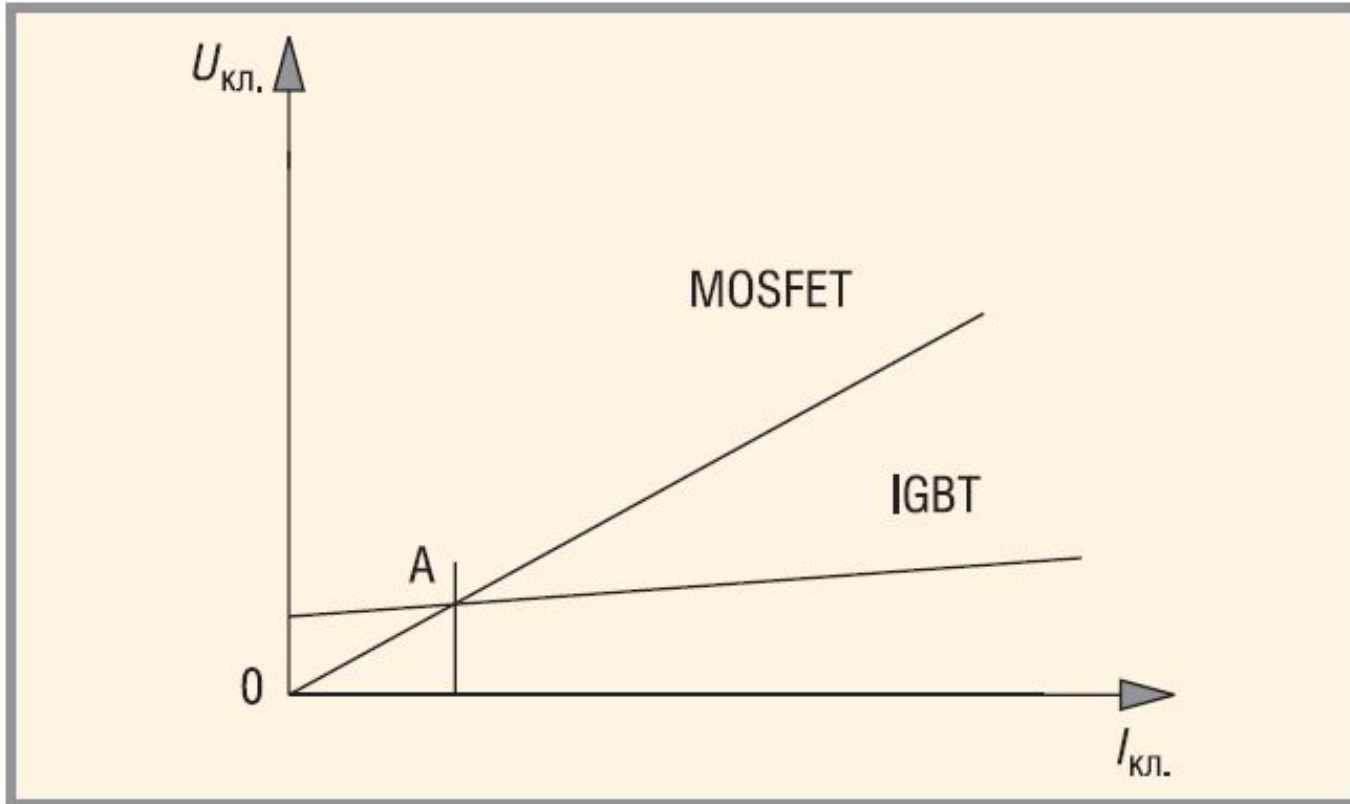


Рис. 3. Сравнение характеристик IGBT и MOSFET

Транзисторы MOSFET и IGBT

Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением

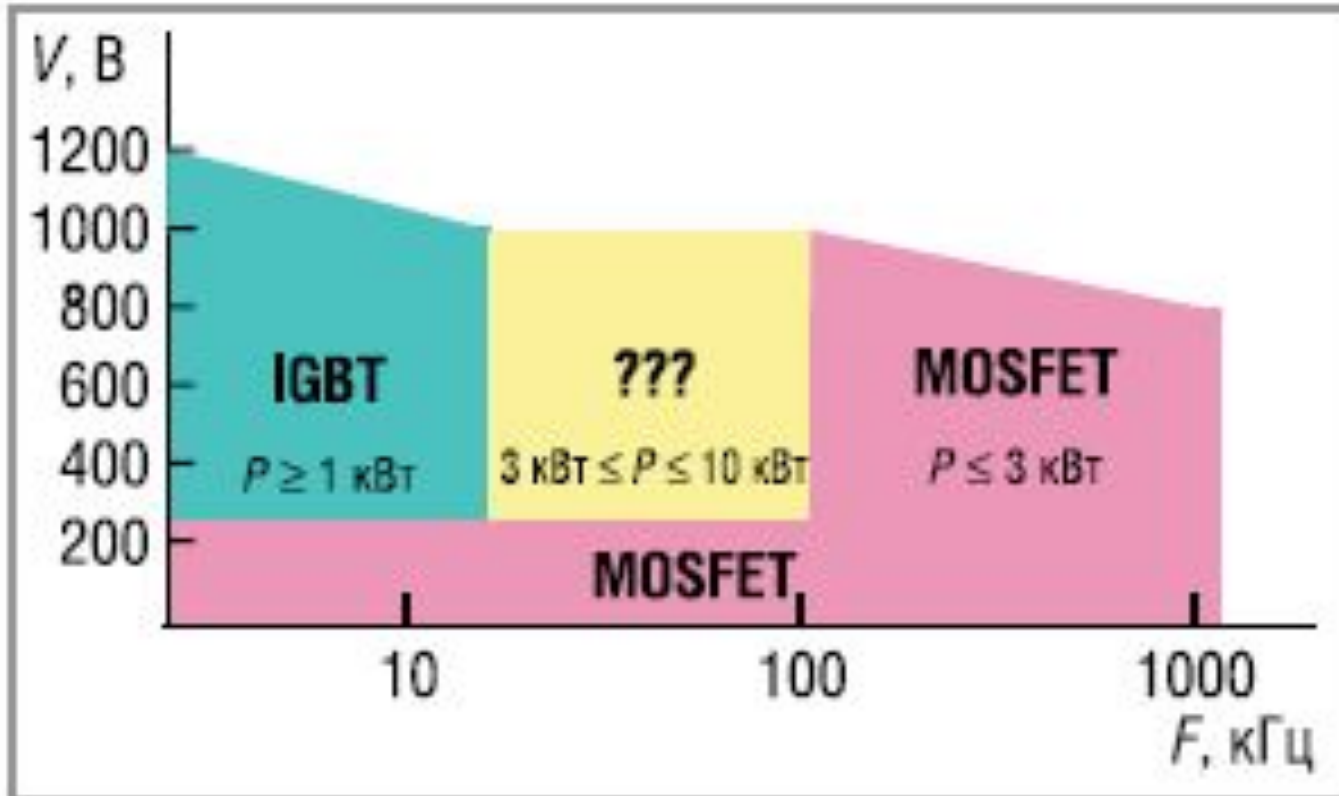


Рис. 1. Разграничение областей применения MOSFET и IGBT

Транзисторы MOSFET и IGBT

Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением

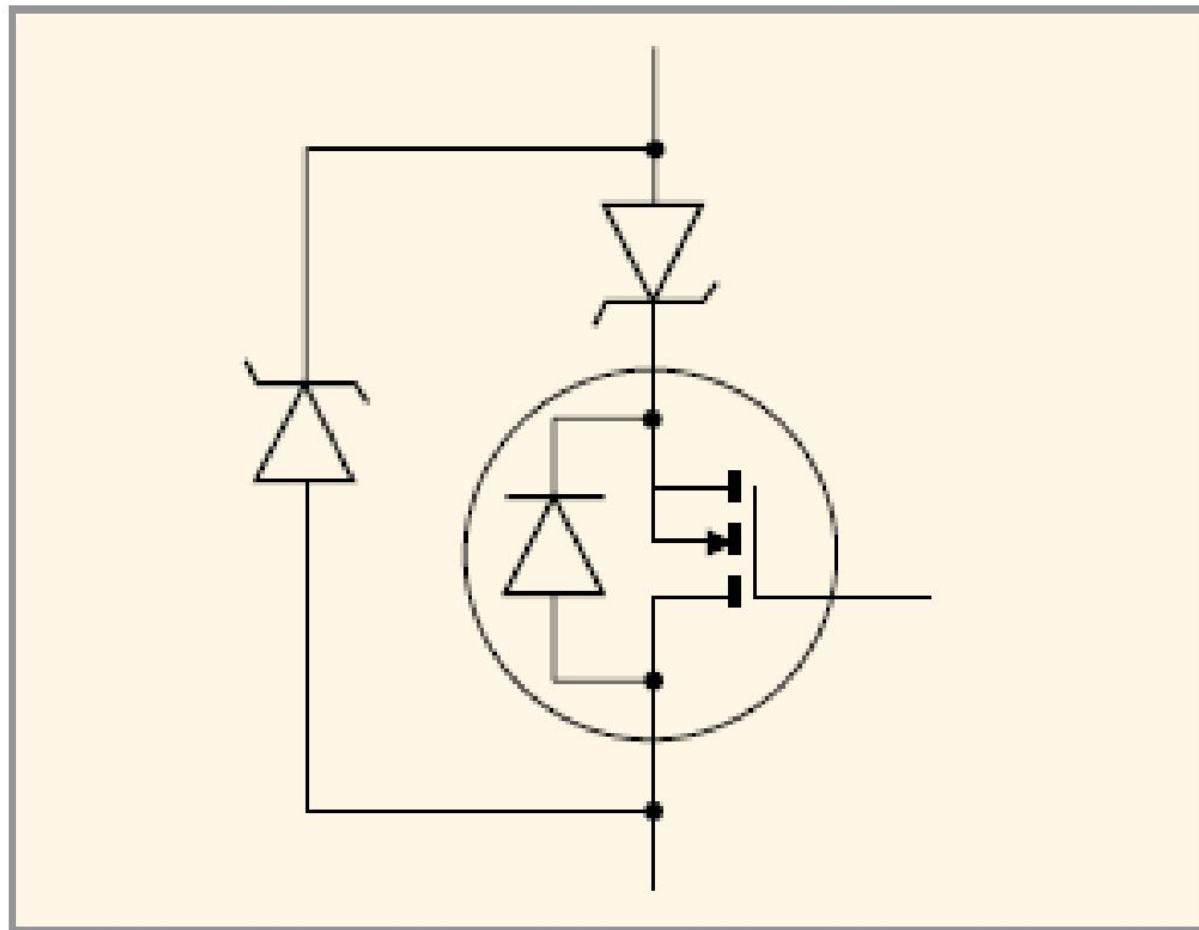


Рис. 2. Встречно-параллельное подключение ULTRAFast- или SiC-диода

Транзисторы MOSFET и IGBT

Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением

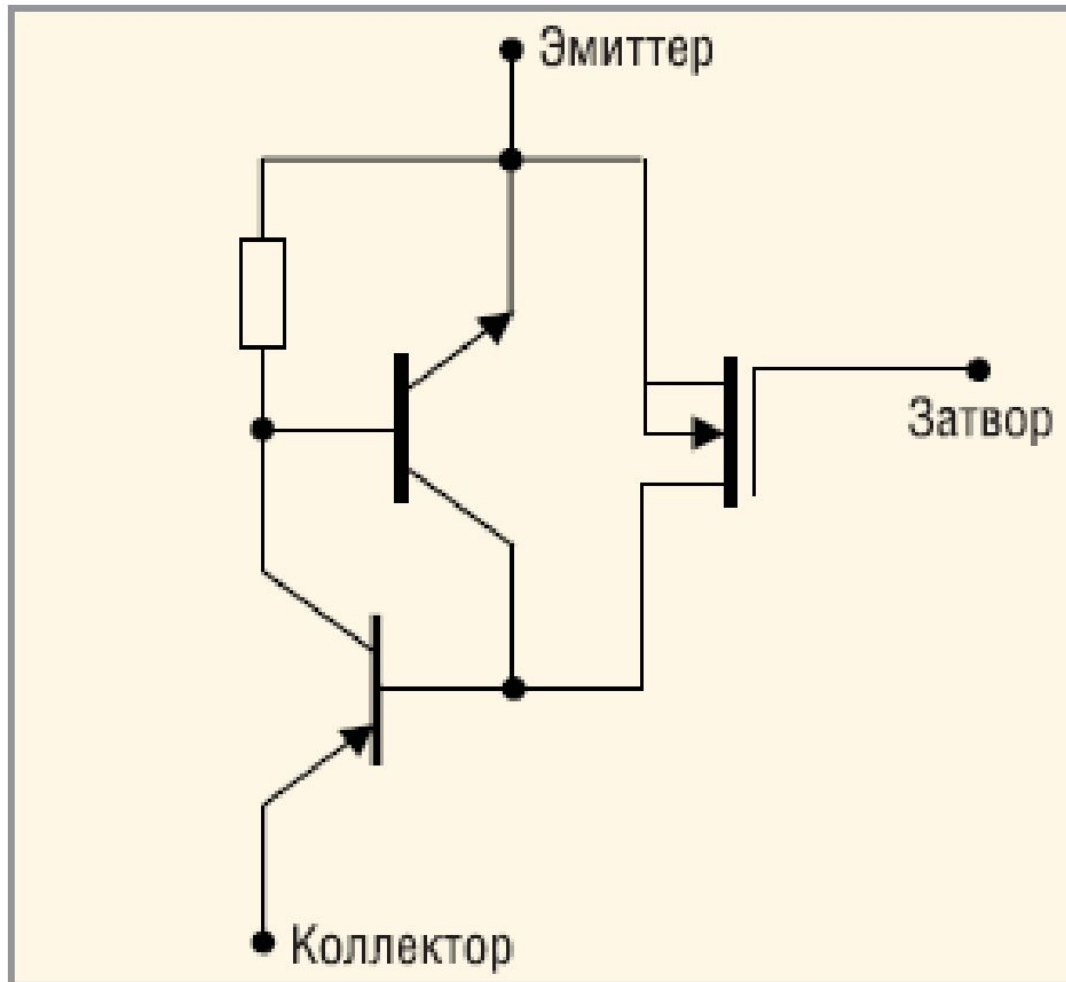


Рис. 3. IGBT можно представить как комбинацию биполярного p-n-p-транзистора и MOSFET

Транзисторы MOSFET и IGBT

Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением

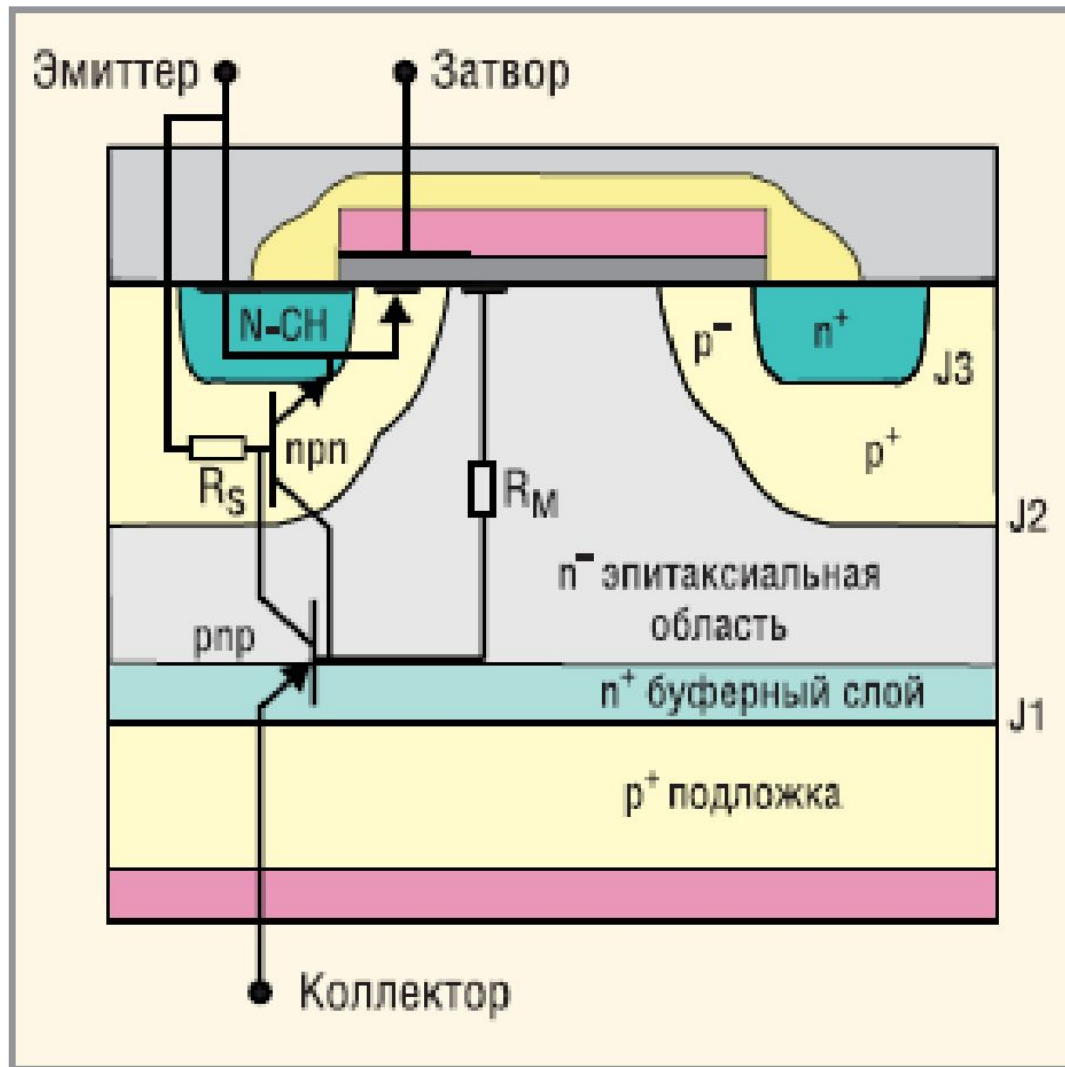


Рис. 4. Структура PT IGBT

Основы микроэлектроники

Классификация и УГО интегральных микросхем.

ИМС – микроэлектронное устройство, выполняющее функции целой электрической схемы и выполненное как единое целое.

Классифицируют ИМС по следующим признакам:

1. По технологии изготовления:

- **Плёночные** – это ИМС, у которых все элементы выполнены в виде тонких плёнок, нанесённых на диэлектрическое основание, т. е. подложку.
- **Гибридные (ГИС)** – это ИМС, у которых пассивные элементы выполнены по тонкоплёночной технологии, а активные элементы выполнены как отдельные, навесные, бескорпусные.
- **Полупроводниковые ИМС** – это микросхемы, у которых все элементы «выращены» в кристалле полупроводника.

2. По способу преобразования и обработки информации имеется два вида ИМС:

- **Аналоговые ИМС** – с непрерывной обработкой информации (смотрите процесс, запечатлённый, на рисунке 145);
- **Цифровые ИМС** – с дискретной обработкой информации (смотрите рисунок 146).

3. По степени интеграции:

$$K = \lg N$$

N – количество элементов в одном корпусе микросхемы.

Основы микроэлектроники

Система обозначений ИМС.

К 155 Л А 7

К 226 У Н 4

1 2 3 4

1 – серия ИМС. В одну серию объединяются ИМС, разработанные на основе единых схемотехнических решений и выполненные по одной технологии. Первая цифра серии - технологический признак ИМС:

1, 5, 7, 8 – полупроводниковые ИМС;

2, 4, 6, 8 – гибридные ИМС;

3 – все прочие.

2 – группа ИМС по функциональному назначению:

У – усилители

Г – генераторы

А – формирователи сигналов

Е – вторичные источники питания (ВИП)

Х – многофункциональные схемы

Л – логические схемы

Т – триггеры

И – схемы цифровых устройств

В – схемы вычислительных устройств и микро ЭВМ

Р – элементы памяти

Основы микроэлектроники

Система обозначений ИМС.

3 – подгруппа, уточняющая функциональный признак. В ней обозначения могут записываться так: УН, УВ, УН, УТ, УД. УН, например, обозначает «усилитель низкочастотный».

4 – вид ИМС по своим электрическим параметрам (для аналоговых ИМС) или же дальнейшее уточнение функций (для цифровых ИМС).

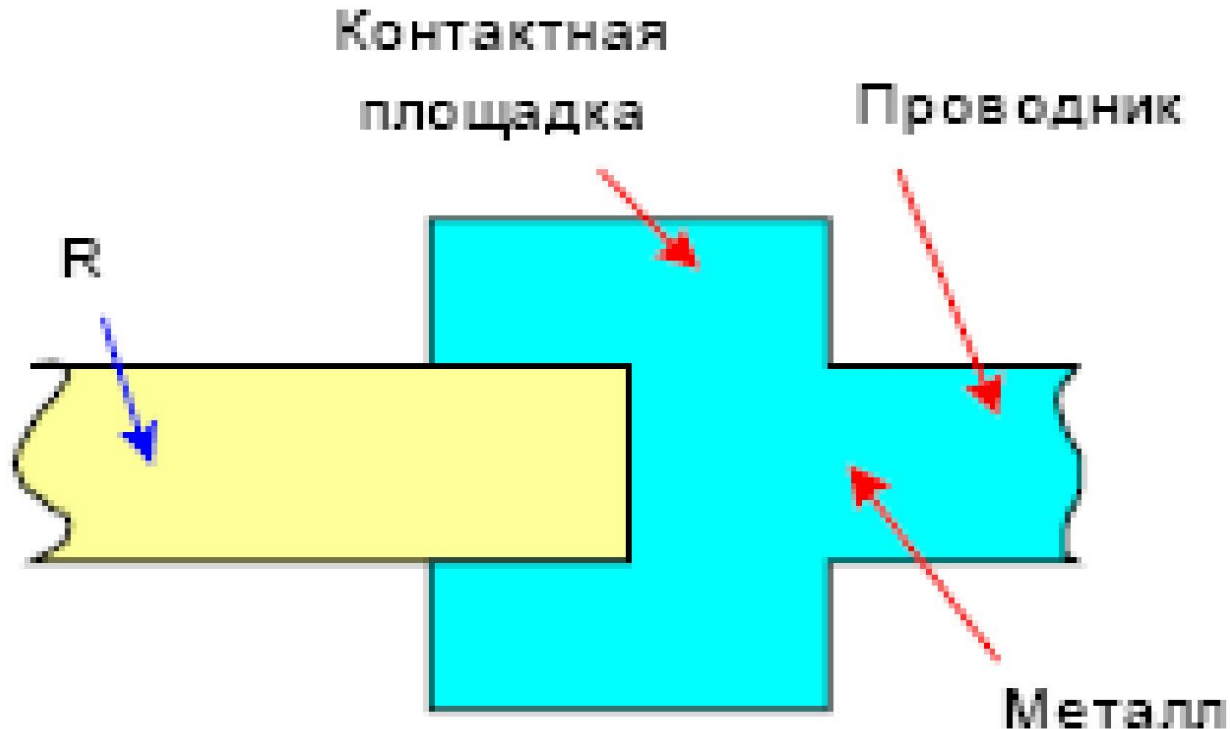
К155ЛА3 – 4 элемента 2И-НЕ. КР, КМ – разновидность корпуса, из чего сделан.

Основы микроэлектроники

Элементы и компоненты ГИС. Одним из основных элементов ГИС является подложка из стеклокерамического материала. Форма всегда прямоугольная. К подложке предъявляются высокие требования по чистоте обработки поверхности, по химической стойкости и электрической прочности.

Контактные площадки и соединительные проводники.

Контактные площадки предназначены для обеспечения электрического контакта между плёночными элементами и соединительными проводниками, а также между плёночными и навесными элементами.



Основы микроэлектроники

Контактные площадки чаще всего изготавливаются из алюминия, потом медь, реже серебро, золото. Для улучшения адгезии (прилипания) между проводником (контактной площадкой) и подложкой их напыляют на подслое из никеля. Плёночные резисторы имеют прямоугольную форму

