**6. Характеристики и параметры биполярных транзисторов и их маркировка.**

Характеристиками транзистораназываются зависимости между токами и напряжениями во входной и выходной цепях. При разных схемах включения транзи­стора входные и выходные цепи различны, следовательно, и характеристики пред­ставляют собой зависимости различных величин для каждой схемы включения.

Так, для схемы с общим эмиттером ОЭ входной цепью является цепь базы и **входная характеристика** отражает зависимость **тока базы** от **напряжения эмиттер - база** при постоянном напряжении между эмиттером и коллектором, т. е. **Ӏ6 = f(U6э)** при **𝖴кэ = const.**

Выходной цепью для этой схемы является цепь коллектора и **выходной ха­рактеристикой** - зависимость **тока коллектора** от **напряжения эмиттер - кол­лектор** при неизменном токе базы, т. е. **Ӏк = f(Uэк)** при **Ӏ6 = const.**

Статические характеристики транзистора типа р-п-р, включенного по схеме с общим эмиттером.



 Рис. 18. Входные характеристики. Рис. 19. Выходные характеристики.

На рисунках 18 и 19 показан примерный вид входных и выходных характери­стик транзистора типа р-п-р.

При малых значениях напряжения между эмиттером и базой **(иэб)** ток базы растет медленно из-за большого сопротивления р-п-перехода, которое с увеличени­ем тока уменьшается.

С увеличением коллекторного напряжения **Ӏэк** входные характеристики сме­щаются вправо, т. е. с увеличением **𝖴эк** необходимо повысить напряжение **𝖴эб,** для того чтобы ток базы остался неизменным. Выходные характеристики показы­вают, что в рабочей области напряжение **𝖴эк** незначительно влияет на коллектор­ный ток **1к,** так как в основном он зависит от количества дырок, инжектируемых в базу, т. е. от тока эмиттера.

**7. Устройство и принцип действия полевых транзисторов.**

В полевых транзисторах используют эффект воздействия поперечного электрического поля на проводимость канала, по которому движутся носители электрического заряда

Полевые канальные транзисторы имеют существенные преимущества, к которым прежде всего относятся:

* большое входное сопротивление приборов (1010 - 1015 Ом);
* большая устойчивость к проникающим излучениям (допускается уровень излучении на 3-4 порядка больший, чем для биполярных транзисторов);
* малый уровень собственных шумов, малое влияние температуры на усилительные свойства.

Полевые транзисторы изготовляют двух типов:

* с затвором в виде ***p- n*** перехода;
* с изолированным затвором.

Рис.22. Схематическое изображение и схема включения полевого транзистора с ***p*- *n*** переходом и ***p*** - затвором: И — исток; С — сток.

Устройство транзистора с затвором в виде ***p - n*** перехода схематично представлено на рис. 22. Основу прибора составляет слаболегированная полупроводниковая пластина ***n*** -типа, к торцам которой приложено напряжение ***Uс***, создающее ток ***Iс*** через сопротивление нагрузки ***Rн***.

В полупроводниковой пластине этот ток обеспечивается движением основных носителей заряда. Торец пластины, от которого движутся носители заряда, называется истоком. Торец, к которому движутся носители заряда, — стоком.

В две противоположные боковые поверхности основной ***n***-пластины вплавлены пластинки

типа ***p***.

На границе раздела пластин ***n*** и ***p*** возникают электронно-дырочные переходы.

Принцип действия полевого транзистора основан на изменении ширины обедненного слоя при изменении обратного напряжения ***p - n*** перехода.

Работу полевого транзистора принято характеризовать зависимостью тока сто- ка ***Iс*** от напряжения между истоком и стоком ***Uс*** при различных значениях напряжения на затворе ***Uз***.

Эта зависимость аналогична анодной характеристике усилительной лампы. Семейство характеристик полевого транзистора с затвором и виде ***p-n*** перехода изображено на рис. 23.



Рис. 23. Семейство ВАХ полевого транзистора с затвором в виде p - n перехода

Сначала с увеличением ***Uс*** ток ***Iс*** нарастает практически линейно. Затем наступает режим насыщения и увеличение ***Uс*** не приводит к росту тока.

Устройство полевого транзистора с изолированным затвором схематически показано на рис. 24. Основу прибора составляет пластина полупроводника p-типа. На небольшом расстоянии друг от друга в поверхность основной пластины вплавля­ют донорную примесь.

 Затем поверхность пластины кремния подвергают термиче­ской обработке, в результате чего на ней наращивается тонкий (0,1 мкм) слой диок­сида, являющегося хорошим изолятором. На слой изолятора накладывают металли­ческую пластину затвора, перекрывающую области донорной примеси ***n.***

Рис. 24. Схематическое изображение полевого транзистора с изолированным затво­ром: 1 — исток; 2 — затвор; 3 — сток; 4 — металл; 5 — диэлектрик; 6 — канал л- типа; 7 — полупроводник р-типа

Транзисторы с изолированным затвором чаще называют транзисторами типа МДП (металл—диэлектрик—полупроводник). Упрощенно принцип его работы можно представить следующим образом.

При отсутствии напряжения на затворе области ***n*** истока и стока разделены непроводящей прослойкой основной пластины. При подаче на затвор положительного напряжения электроны вытягиваются из основной пла­стины и скапливаются под изолирующей прослойкой. При определенной разности потенциалов концентрация электронов под диэлектриком превысит концентрацию дырок и области ***n*** будут соединены проводящим электронным каналом.

В рассмотренном случае проводящий канал между истоком и стоком индуци­руется напряжением затвора. Разновидностью МДП-транзисторов являются кон­струкции, при которых канал встраивается в процессе изготовления прибора путем введения соответствующих примесей. Напряжение затвора меняет концентрацию носителей и проводимость встроенного канала.

Полевые транзисторы могут быть изготовлены и на основе пластин n-типа.

**8. Схемы включения транзисторов.**

При работе транзистора в качестве усилителя электрических колебаний вход­ное переменное напряжение *Uвх* (сигнал, подлежащий усилению) подают последо­вательно с источником постоянного напряжения смещения *Ucм* между эмиттером и базой, а выходное напряжение *Uвых* (усиленный сигнал) снимается с нагрузочного резистора *Rн*.

Возможны три схемы включения транзисторов, рассмотрим их на примере транзистора структуры

 n-p-n (рис. 17):

* с общей базой ОБ (а);
* с общим эмитте­ром ОЭ (б);
* общим коллектором ОК (в).

 Название схемы показывает, какой элек­трод транзистора является общим для входной и выходной цепей. Схемы включения транзисторов отличаются своими свойствами, но принцип усиления колебаний оста­ется одинаковым.



Рис. 17. Схемы включения транзистора структуры ***n-p-n.***

**Схема с общей базой (ОБ)**

B схеме с общей базой положительное приращение напряжения на входе ***ΔUвx*** вызывает увеличение тока эмиттера ***Iэ*,** что приводит к увеличению как тока коллектора ***Iк***, так и напряжения выхода ***ΔUвыx*,** причем ***ΔUвыx*** >> ***ΔUвx*.**

В схеме с **ОБ** источник входного напряжения включен в цепь эмиттер - база, а нагрузка и источник питания - в цепь коллектор - база.

Входное сопротивление схемы с **ОБ** мало (несколько ом или десятков Ом), так как эмиттерный переход включен в прямом направлении.

Выходное сопротивление схемы, наоборот, велико (сотни кОм), так как коллекторный переход включён в обратном направлении.

Малое входное сопротивление схемы с **ОБ** является существенным ее недо­статком, ограничивающим применение ее в усилителях. Через источник входного сигнала в этой схеме проходит весь ток эмиттера, и усиления по току не происходит (коэффициент усиления по току α<1). Усиление по напряжению и по мощности в этой схеме может достигать нескольких сотен.

**Схема с общим эмиттером (ОЭ)**

В схеме с общим эмиттером **ОЭ** источник входного напряжения включен в цепь эмиттер - база, а сопротивление нагрузки ***Rн*** и источник питания - в цепь эмит­тер - коллектор, так что эмиттер является общим электродом для входной и выход­ной цепей.

Входное сопротивление схемы с **ОЭ** больше, чем у схемы с **ОБ**, так как вход­ным током в ней является ток базы, который много меньше тока эмиттера и тока коллектора. Это сопротивление составляет сотни Ом. Выходное сопротивление схемы с **ОЭ** велико и может составлять до ста кОм.

**Схема с общим коллектором (ОК)**

В схеме с общим коллектором **ОК** источник входного напряжения включается в цепь базы, а источник питания и сопротивление нагрузки - в цепь эмиттера. Вход­ным током является ток базы, а выходным - ток эмиттера.

Коэффициент усиления по току для этой схемы

**Ki= ΔIэ/ΔIб= ΔIэ/(ΔIэ-ΔIк) = 1/(1-** $α$**)**.

Входное сопротивление схемы с **OK** велико (десятки кОм), а выходное со­противление мало

 (до 1**÷**2 кОм).

Коэффициент усиления по напряжению схемы с общим коллектором

**OK - Ku = 0,9 ÷ 0,95,**

т. e. близок к единице, и эту схему часто называют *эмиттерным повто­рителем.*

Схема с общим коллектором **ОК** используется для согласования отдельных каскадов усиления, источника сигнала или нагрузки с усилителем.

**9. Назначение, устройство и принцип работы тиристоров**

Четырехслойный кремниевый вентиль с двумя электродами (анодом и като­дом) называется *динистором*. Если кроме анода и катода имеется третий (управля­ющий) электрод, то вентиль становится управляемым и называется *тиристором*.

Тиристор, а также динистор имеют четыре слоя ***р-п-р-n*** (рис. 25), между ко­торыми находятся три ***p-n*** перехода **П1, П2, П3**. У тиристора от средней области***р*** имеется вывод - управляющий электрод **У**.

Если между анодом и катодом вентиля приложено небольшое постоянное напряжение в прямом направлении, то переходы **П1** и **П3** будут открытыми и их со­противление мало. Переход **П2** будет включен в обратном (непроводящем) направ­лении и его сопротивление велико, так что всё приложенное к тиристору напряже­ние будет практически на переходе **П2**, а ток в цепи мал.



.При повышении напряжения ***U*** на тиристоре ток в цепи увеличивается незна­чительно, так как ограничивается большим сопротивлением перехода **П2** и вольтам­перная характеристика тиристора будет подобна обратной ветви характеристики ди­ода (кривая **Оа** на рис. 26).

Рис. 25. Схема устройства тиристора

Если напряжение достигнет некоторого определенного значения, называемого напряжением переключения ***Unep***, то в переходе **П2** напряженность электрического поля становится достаточной для ионизации и образования новых свободных носи­телей зарядов (электронов и дырок), его сопротивление резко уменьшается и тири­стор открывается. Напряжение на открытом тиристоре (участок ***бВ*** вольтамперной характеристи­ки) мало (порядка 1÷2 В**)** и почти неизменно, так что ток в цепи ограничивается со­противлением внешней нагрузки. Наибольший ток тиристора лимитируется предельно допустимой мощностью, рассеиваемой им.

уменьшать ток через открытый тиристор, то он будет

Если оста­ваться открытым

до тех пор, пока ток в тиристоре достаточен для поддержания про­цесса образования носителей зарядов в переходе **П2**. При

Рис. 26. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) токе, меньше опреде­ленного значения, называемого током

тиристора и его условное обозначе­ние удержания ***Iyд***, тиристор закрывается, т. е. возвращается в

 непроводящее состояние.

 Если на управляющий электрод подать положительный потенциал от посто­роннего источника, то в переходе **П3** возникнет ток управления и появятся дополни­тельные носители зарядов, вследствие чего уменьшится напряжение переключения этого перехода и тиристор открывается при меньшем напряжении ***Un1***.Чем больше ток управления***Iy***, тем больше дополнительных зарядов в пере­ходе **П3** и меньше напряжение переключения тиристора.

При определенном значении тока управления, называемом током спрямления***Iyc*** тиристор будет работать как *неуправляемый вентиль*, т. е. будет открыт при лю­бом положительном напряжении на его аноде.

***Таким образом, тиристор открывается как при подаче на его анод напряжения переключения, так и при включении тока управления доста­точной величины Iyс.***

Тиристоры имеют два устойчивых состояния: при закрытом тиристоре его со­противление очень велико **(*R~∞),*** при открытом - мало **(*R~0*).** Поэтому тиристоры находят применение как бесконтактные переключатели в инверторах, регулируемых выпрямителях, в схемах защиты и т. д.