**ПЯТИГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**РЕФЕРАТ**

**«История развития транзисторов»**

**Выполнил:**

**Студент гр. УИТС-б-101**

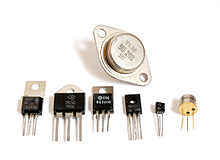
**Сергиенко Виктор**

**Пятигорск, 2010**

**Введение**

Транзи́стор (от англ. transfer — переносить и resistance — сопротивление или transconductance — активная межэлектродная проводимость и varistor — переменное сопротивление) — электронный прибор из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи. Обычно используется для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

Управление током в выходной цепи осуществляется за счёт изменения входного напряжения или тока. Небольшое изменение входных величин может приводить к существенно большему изменению выходного напряжения и тока. Это усилительное свойство транзисторов используется в аналоговой технике (аналоговые ТВ, радио, связь и т. п.).



В настоящее время в аналоговой технике доминируют биполярные транзисторы (БТ) (международный термин — BJT, bipolar junction transistor). Другой важнейшей отраслью электроники является цифровая техника (логика, память, процессоры, компьютеры, цифровая связь и т. п.), где, напротив, биполярные транзисторы почти полностью вытеснены полевыми.

Вся современная цифровая техника построена, в основном, на полевых МОП (металл-оксид-полупроводник)-транзисторах (МОПТ), как более экономичных, по сравнению с БТ, элементах. Иногда их называют МДП (металл-диэлектрик-полупроводник)- транзисторы. Международный термин — MOSFET (metal-oxide-semiconductor field effect transistor). Транзисторы изготавливаются в рамках интегральной технологии на одном кремниевом кристалле (чипе) и составляют элементарный «кирпичик» для построения микросхем логики, памяти, процессора и т. п. Размеры современных МОПТ составляют от 90 до 32 нм. На одном современном чипе (обычно размером 1—2 см²) размещаются несколько (пока единицы) миллиардов МОПТ. На протяжении 60 лет происходит уменьшение размеров (миниатюризация) МОПТ и увеличение их количества на одном чипе (степень интеграции), в ближайшие годы ожидается дальнейшее увеличение степени интеграции транзисторов на чипе (см. Закон Мура). Уменьшение размеров МОПТ приводит также к повышению быстродействия процессоров, снижению энергопотребления и тепловыделения.

**История**

Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии в 1928 году (в Канаде, 22 октября 1925 года) на имя австро-венгерского физика Юлия Эдгара Лилиенфельда. В 1934 году немецкий физик Оскар Хейл запатентовал полевой транзистор. Полевые транзисторы (в частности, МОП-транзисторы) основаны на простом электростатическом эффекте поля, по физике они существенно проще биполярных транзисторов, и поэтому они придуманы и запатентованы задолго до биполярных транзисторов. Тем не менее, первый МОП-транзистор, составляющий основу современной компьютерной индустрии, был изготовлен позже биполярного транзистора, в 1960 году. Только в 90-х годах XX века МОП-технология стала доминировать над биполярной.



В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях Bell Labs впервые создали действующий биполярный транзистор, продемонстрированный 16 декабря. 23 декабря состоялось официальное представление изобретения и именно эта дата считается днём изобретения транзистора. По технологии изготовления он относился к классу точечных транзисторов. В 1956 году они были награждены Нобелевской премией по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта». Интересно, что Джон Бардин вскоре был удостоен Нобелевской премии во второй раз за создание теории сверхпроводимости.

Позднее вакуумные лампы были заменены транзисторами в большинстве электронных устройств, совершив революцию в создании интегральных схем и компьютеров.

Bell нуждались в названии устройства. Предлагались названия «полупроводниковый триод» (semiconductor triode), «Solid Triode», «Surface States Triode», «кристаллический триод» (crystal triode) и «Iotatron», но слово «транзистор» (transistor), предложенное Джоном Пирсом (John R. Pierce), победило во внутреннем голосовании.

Первоначально название «транзистор» относилось к резисторам, управляемым напряжением. В самом деле, транзистор можно представить как некое сопротивление, регулируемое напряжением на одном электроде (в полевых транзисторах — напряжением между затвором и истоком, в биполярных транзисторах — напряжением между базой и эмиттером).

**Классификация транзисторов**

**Биполярный транзистор** — трёхэлектродный полупроводниковый прибор, один из типов транзистора. Электроды подключены к трём последовательно расположенным слоям полупроводника с чередующимся типом примесной проводимости. По этому способу чередования различают npn и pnp транзисторы (n (negative) — электронный тип примесной проводимости, p (positive) — дырочный). В биполярном транзисторе, в отличие от других разновидностей, основными носителями являются и электроны, и дырки (от слова «би» — «два»).

Электрод, подключённый к центральному слою, называют базой, электроды, подключённые к внешним слоям, называют коллектором и эмиттером. На простейшей схеме различия между коллектором и эмиттером не видны. В действительности же главное отличие коллектора — бо́льшая площадь p — n-перехода. Кроме того, для работы транзистора абсолютно необходима малая толщина базы.



Биполярный точечный транзистор был изобретен в 1947 году, в течение последующих лет он зарекомендовал себя как основной элемент для изготовления интегральных микросхем, использующих транзисторно-транзисторную, резисторно-транзисторную и диодно-транзисторную логику.

Первые транзисторы были изготовлены на основе германия. В настоящее время их изготавливают в основном из кремния и арсенида галлия. Последние транзисторы используются в схемах высокочастотных усилителей. Биполярный транзистор состоит из трех различным образом легированных полупроводниковых зон: эмиттера E, базы B и коллектора C. В зависимости от типа проводимости этих зон различают NPN (эмиттер − n-полупроводник, база − p-полупроводник, коллектор − n-полупроводник) и PNP транзисторы. К каждой из зон подведены проводящие контакты. База расположена между эмиттером и коллектором и изготовлена из слаболегированного полупроводника, обладающего большим сопротивлением. Общая площадь контакта база-эмиттер значительно меньше площади контакта коллектор-база, поэтому биполярный транзистор общего вида является несимметричным устройством (невозможно путем изменения полярности подключения поменять местами эмиттер и коллектор и получить в результате абсолютно аналогичный исходному биполярный транзистор).

В активном режиме работы транзистор включён так, что его эмиттерный переход смещён в прямом направлении (открыт), а коллекторный переход смещён в обратном направлении. Для определённости рассмотрим npn транзистор, все рассуждения повторяются абсолютно аналогично для случая pnp транзистора, с заменой слова «электроны» на «дырки», и наоборот, а также с заменой всех напряжений на противоположные по знаку. В npn транзисторе электроны, основные носители тока в эмиттере, проходят через открытый переход эмиттер-база (инжектируются) в область базы. Часть этих электронов рекомбинирует с основными носителями заряда в базе (дырками), часть диффундирует обратно в эмиттер. Однако, из-за того что базу делают очень тонкой и сравнительно слабо легированной, большая часть электронов, инжектированных из эмиттера, диффундирует в область коллектора. Сильное электрическое поле обратно смещённого коллекторного перехода захватывает электроны (напомним, что они — неосновные носители в базе, поэтому для них переход открыт), и проносит их в коллектор. Ток коллектора, таким образом, практически равен току эмиттера, за исключением небольшой потери на рекомбинацию в базе, которая и образует ток базы (Iэ=Iб + Iк). Коэффициент α, связывающий ток эмиттера и ток коллектора (Iк = α Iэ) называется коэффициентом передачи тока эмиттера. Численное значение коэффициента α 0.9 — 0.999. Чем больше коэффициент, тем эффективней транзистор передаёт ток. Этот коэффициент мало зависит от напряжения коллектор-база и база-эмиттер. Поэтому в широком диапазоне рабочих напряжений ток коллектора пропорционален току базы, коэффициент пропорциональности равен β = α / (1 − α) =(10..1000). Таким образом, изменяя малый ток базы, можно управлять значительно большим током коллектора. Уровни электронов и дырок примерно равны.

**Полевой транзистор** — полупроводниковый прибор, в котором ток изменяется в результате действия перпендикулярного тока электрического поля, создаваемого входным сигналом.

Протекание в полевом транзисторе рабочего тока обусловлено носителями заряда только одного знака (электронами или дырками), поэтому такие приборы часто включают в более широкий класс униполярных электронных приборов (в отличие от биполярных).

*История создания полевых транзисторов*

Идея полевого транзистора с изолированным затвором была предложена Лилиенфельдом в 1926—1928 годах. Однако объективные трудности в реализации этой конструкции позволили создать первый работающий прибор этого типа только в 1960 году. В 1953 году Дейки и Росс предложили и реализовали другую конструкцию полевого транзистора — с управляющим p-n-переходом. Наконец, третья конструкция полевых транзисторов — полевых транзисторов с барьером Шоттки — была предложена и реализована Мидом в 1966 году.

*Схемы включения полевых транзисторов*

Полевой транзистор можно включать по одной из трех основных схем: с общим истоком (ОИ), общим стоком (ОС) и общим затвором (ОЗ).

На практике чаще всего применяется схема с ОИ, аналогичная схеме на биполярном транзисторе с ОЭ. Каскад с общим истоком даёт очень большое усиление тока и мощности. Схема с ОЗ аналогична схеме с ОБ. Она не даёт усиления тока, и поэтому усиление мощности в ней во много раз меньше, чем в схеме ОИ. Каскад ОЗ обладает низким входным сопротивлением, в связи с чем он имеет ограниченное практическое применение.

*Классификация полевых транзисторов*

По физической структуре и механизму работы полевые транзисторы условно делят на 2 группы. Первую образуют транзисторы с управляющим р-n переходом или переходом металл — полупроводник (барьер Шоттки), вторую — транзисторы с управлением посредством изолированного электрода (затвора), т. н. транзисторы МДП (металл — диэлектрик — полупроводник).

*Транзисторы с управляющим p-n переходом*

Полевой транзистор с управляющим p-n переходом — это полевой транзистор, затвор которого изолирован (то есть отделён в электрическом отношении) от канала p-n переходом, смещённым в обратном направлении.

Такой транзистор имеет два невыпрямляющих контакта к области, по которой проходит управляемый ток основных носителей заряда, и один или два управляющих электронно-дырочных перехода, смещённых в обратном направлении (см. рис. 1). При изменении обратного напряжения на p-n переходе изменяется его толщина и, следовательно, толщина области, по которой проходит управляемый ток основных носителей заряда. Область, толщина и поперечное сечение которой управляется внешним напряжением на управляющем p-n переходе и по которой проходит управляемый ток основных носителей, называют каналом. Электрод, из которого в канал входят основные носители заряда, называют истоком. Электрод, через который из канала уходят основные носители заряда, называют стоком. Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, называют затвором.

Электропроводность канала может быть как n-, так и p-типа. Поэтому по электропроводности канала различают полевые транзисторы с n-каналом и р-каналом. Все полярности напряжений смещения, подаваемых на электроды транзисторов с n- и с p-каналом, противоположны.

Управление током стока, то есть током от внешнего относительно мощного источника питания в цепи нагрузки, происходит при изменении обратного напряжения на p-n переходе затвора (или на двух p-n переходах одновременно). В связи с малостью обратных токов мощность, необходимая для управления током стока и потребляемая от источника сигнала в цепи затвора, оказывается ничтожно малой. Поэтому полевой транзистор может обеспечить усиление электромагнитных колебании как по мощности, так и по току и напряжению.

Таким образом, полевой транзистор по принципу действия аналогичен вакуумному триоду. Исток в полевом транзисторе подобен катоду вакуумного триода, затвор — сетке, сток — аноду. Но при этом полевой транзистор существенно отличается от вакуумного триода. Во-первых, для работы полевого транзистора не требуется подогрева катода. Во-вторых, любую из функций истока и стока может выполнять каждый из этих электродов. В-третьих, полевые транзисторы могут быть сделаны как с n-каналом, так и с p-каналом, что позволяет удачно сочетать эти два типа полевых транзисторов в схемах.

От биполярного транзистора полевой транзистор отличается, во-первых, принципом действия: в биполярном транзисторе управление выходным сигналом производится входным током, а в полевом транзисторе — входным напряжением или электрическим полем. Во-вторых, полевые транзисторы имеют значительно большие входные сопротивления, что связано с обратным смещением p-n-перехода затвора в рассматриваемом типе полевых транзисторов. В-третьих, полевые транзисторы могут обладать низким уровнем шума (особенно на низких частотах), так как в полевых транзисторах не используется явление инжекции неосновных носителей заряда и канал полевого транзистора может быть отделён от поверхности полупроводникового кристалла. Процессы рекомбинации носителей в p-n переходе и в базе биполярного транзистора, а также генерационно-рекомбинационные процессы на поверхности кристалла полупроводника сопровождаются возникновением низкочастотных шумов.

*Транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы)*

Полевой транзистор с изолированным затвором — это полевой транзистор, затвор которого отделён в электрическом отношении от канала слоем диэлектрика.

В кристалле полупроводника с относительно высоким удельным сопротивлением, который называют подложкой, созданы две сильнолегированные области с противоположным относительно подложки типом проводимости. На эти области нанесены металлические электроды — исток и сток. Расстояние между сильно легированными областями истока и стока может быть меньше микрона. Поверхность кристалла полупроводника между истоком и стоком покрыта тонким слоем (порядка 0,1 мкм) диэлектрика. Так как исходным полупроводником для полевых транзисторов обычно является кремний, то в качестве диэлектрика используется слой двуокиси кремния SiO2, выращенный на поверхности кристалла кремния путём высокотемпературного окисления. На слой диэлектрика нанесён металлический электрод — затвор. Получается структура, состоящая из металла, диэлектрика и полупроводника. Поэтому полевые транзисторы с изолированным затвором часто называют МДП-транзисторами.

Входное сопротивление МДП-транзисторов может достигать 1010…1014 Ом (у полевых транзисторов с управляющим p-n-переходом 107…109), что является преимуществом при построении высокоточных устройств.

Существуют две разновидности МДП-транзисторов: с индуцированным каналом и со встроенным каналом.

В МДП-транзисторах с индуцированным каналом проводящий канал между сильнолегированными областями истока и стока отсутствует и, следовательно, заметный ток стока появляется только при определённой полярности и при определённом значении напряжения на затворе относительно истока, которое называют пороговым напряжением (UЗИпор).

В МДП-транзисторах со встроенным каналом у поверхности полупроводника под затвором при нулевом напряжении на затворе относительно истока существует инверсный слой — канал, который соединяет исток со стоком.

. Поэтому сильнолегированные области под истоком и стоком, а также индуцированный и встроенный канал имеют электропроводность p-типа. Если же аналогичные транзисторы созданы на подложке с электропроводностью p-типа, то канал у них будет иметь электропроводность n-типа.

МДП-транзисторы с индуцированным каналом

При напряжении на затворе относительно истока, равном нулю, и при наличии напряжения на стоке, — ток стока оказывается ничтожно малым. Он представляет собой обратный ток p-n перехода между подложкой и сильнолегированной областью стока. При отрицательном потенциале на затворе (для структуры, показанной на рис. 2, а) в результате проникновения электрического поля через диэлектрический слой в полупроводник при малых напряжениях на затворе (меньших UЗИпор) у поверхности полупроводника под затвором возникает обеднённый основными носителями слой эффект поля и область объёмного заряда, состоящая из ионизированных нескомпенсированных примесных атомов. При напряжениях на затворе, больших UЗИпор, у поверхности полупроводника под затвором возникает инверсный слой, который и является каналом, соединяющим исток со стоком. Толщина и поперечное сечение канала будут изменяться с изменением напряжения на затворе, соответственно будет изменяться и ток стока, то есть ток в цепи нагрузки и относительно мощного источника питания. Так происходит управление током стока в полевом транзисторе с изолированным затвором и с индуцированным каналом.

В связи с тем, что затвор отделён от подложки диэлектрическим слоем, ток в цепи затвора ничтожно мал, мала и мощность, потребляемая от источника сигнала в цепи затвора и необходимая для управления относительно большим током стока. Таким образом, МДП-транзистор с индуцированным каналом может производить усиление электромагнитных колебаний по напряжению и по мощности.

Принцип усиления мощности в МДП-транзисторах можно рассматривать с точки зрения передачи носителями заряда энергии постоянного электрического поля (энергии источника питания в выходной цепи) переменному электрическому полю. В МДП-транзисторе до возникновения канала почти всё напряжение источника питания в цепи стока падало на полупроводнике между истоком и стоком, создавая относительно большую постоянную составляющую напряжённости электрического поля. Под действием напряжения на затворе в полупроводнике под затвором возникает канал, по которому от истока к стоку движутся носители заряда — дырки. Дырки, двигаясь по направлению постоянной составляющей электрического поля, разгоняются этим полем и их энергия увеличивается за счёт энергии источника питания, в цепи стока. Одновременно с возникновением канала и появлением в нём подвижных носителей заряда уменьшается напряжение на стоке, то есть мгновенное значение переменной составляющей электрического поля в канале направлено противоположно постоянной составляющей. Поэтому дырки тормозятся переменным электрическим полем, отдавая ему часть своей энергии.

МДП-структуры специального назначения

В структурах типа металл-нитрид-оксид-полупроводник (МНОП) диэлектрик под затвором выполняется двухслойным: слой оксида SiO2 и толстый слой нитрида Si3N4. Между слоями образуются ловушки электронов, которые при подаче на затвор МНОП-структуры положительного напряжения (28..30 В) захватывают туннелирующие через тонкий слой SiO2 электроны. Образующиеся отрицательно заряженные ионы повышают пороговое напряжение, причём их заряд может храниться до нескольких лет при отсутствии питания, так как слой SiO2 предотвращает утечку заряда. При подаче на затвор большого отрицательного напряжения (28…30 В), накопленный заряд рассасывается, что существенно уменьшает пороговое напряжение.

Структуры типа металл-оксид-полупроводник (МОП) с плавающим затвором и лавинной инжекцией (ЛИЗМОП) имеют затвор, выполненный из поликристаллического кремния, изолированный от других частей структуры. Лавинный пробой p-n-перехода подложки и стока или истока, на которые подаётся высокое напряжение, позволяет электронам проникнуть через слой окисла на затвор, вследствие чего на нём появляется отрицательный заряд. Изолирующие свойства диэлектрика позволяют сохранять это заряд десятки лет. Удаление электрического заряда с затвора осуществляется с помощью ионизирующего ультрафиолетового облучения кварцевыми лампами, при этом фототок позволяет электронам рекомбинировать с дырками.

В дальнейшем были разработаны структуры запоминающих полевых транзисторов с двойным затвором. Встроенный в диэлектрик затвор используется для хранения заряда, определяющего состояние прибора, а внешний (обычный) затвор, управляемый разнополярными импульсами для ввода или удаления заряда на встроенном (внутреннем) затворе. Так появились ячейки, а затем и микросхемы флэш-памяти, получившие в наши дни большую популярность и составившие заметную конкуренцию жестким дискам в компьютерах.

Для реализации сверхбольших интегральных схем (СБИС) были созданы сверхминиатюрные полевые микротранзисторы. Они делаются с применением нанотехнологий с геометрическим разрешением менее 100 нм. У таких приборов толщина подзатворного диэлектрика доходит до нескольких атомных слоев. Используются различные, в том числе трехзатворные структуры. Приборы работают в микромощном режиме. В современных микропроцессорах корпорации Intel число приборов составляет от десятков миллионов до 2 миллиардов. Новейшие полевые микротранзисторы выполняются на напряженном кремнии, имеют металлический затвор и используют новый запатентованный материал для подзатворного диэлектрика на основе соединений гафния.

В последние четверть века бурное развитие получили мощные полевые транзисторы, в основном МДП-типа. Они состоят из множества маломощных структур или из структур с разветвлённой конфигурацией затвора. Такие ВЧ и СВЧ приборы впервые были созданы в СССР специалистами НИИ «Пульсар» Бачуриным В. В. (кремниевые приборы) и Ваксембургом В. Я. (арсенид-галлиевые приборы) Исследование их импульсных свойств было выполнено научной школой проф. Дьяконова В. П. (Смоленский филиал МЭИ). Это открыло область разработки мощных ключевых (импульсных) полевых транзисторов со специальными структурами, имеющих высокие рабочие напряжения и токи (раздельно до 500—1000 В и 50-100 А). Такие приборы нередко управляются малыми (до 5 В) напряжениями, имеют малое сопротивление в открытом состоянии (до 0,01 Ом) у сильноточных приборов, высокую крутизну и малые (в единицы-десятки нс) времена переключения. У них отсутствует явление накопления носителей в структуре и явление насыщения, присушее биполярным транзисторам. Благодаря этому мощные полевые транзисторы успешно вытесняют мощные биполярные транзисторы в области силовой электроники малой и средней мощности.

За рубежом в последние десятилетия стремительно развивается технология транзисторов на высокоподвижных электронах (ТВПЭ), которые широко используются в СВЧ устройствах связи и радионаблюдения. На основе ТВПЭ создаются как гибридные, так и монолитные микроволновые интегральные схемы (англ.)). В основе действия ТВПЭ лежит управление каналом с помощью двумерного электронного газа, область которого создаётся под контактом затвора благодаря применению гетероперехода и очень тонкого диэлектрического слоя — спейсера.

**Области применения полевых транзисторов**

Значительная часть производимых в настоящий момент полевых транзисторов входит в состав КМОП-структур, которые строятся из полевых транзисторов с каналами разного (p- и n-) типа проводимости и широко используются в цифровых и аналоговых интегральных схемах.

За счёт того, что полевые транзисторы управляются полем (величиной напряжения приложенного к затвору), а не током, протекающим через базу (как в биполярных транзисторах), полевые транзисторы потребляют значительно меньше энергии, что особенно актуально в схемах ждущих и следящих устройств, а также в схемах малого потребления и энергосбережения (реализация спящих режимов).

Выдающиеся примеры устройств, построенных на полевых транзисторах, — наручные кварцевые часы и пульт дистанционного управления для телевизора. За счёт применения КМОП-структур эти устройства могут работать до нескольких лет, потому что практически не потребляют энергии.

Грандиозными темпами развиваются области применения мощных полевых транзисторов. Их применение в радиопередающих устройствах позволяет получить повышенную чистоту спектра излучаемых радиосигналов, уменьшить уровень помех и повысить надёжность радиопередатчиков. В силовой электронике ключевые мощные полевые транзисторы успешно заменяют и вытесняют мощные биполярные транзисторы. В силовых преобразователях они позволяют на 1-2 порядка повысить частоту преобразования и резко уменьшить габариты и массу энергетических преобразователей. В устройствах большой мощности используются биполярные транзисторы с полевым управлением (IGBT) успешно вытесняющие тиристоры. В усилителях мощности звуковых частот высшего класса HiFi и HiEnd мощные полевые транзисторы успешно заменяют мощные электронные лампы, обладающие малыми нелинейными и динамическими искажениями.

Помимо основного полупроводникового материала, применяемого обычно в виде монокристалла, транзистор содержит в своей конструкции легирующие добавки к основному материалу, металл выводов, изолирующие элементы, части корпуса (пластиковые или керамические). Иногда употребляются комбинированные наименования, частично описывающие материалы конкретной разновидности (например, «кремний на сапфире» или «Металл-окисел-полупроводник»). Однако основными являются транзисторы:

*Германиевые*

*Кремниевые*

*Арсенид-галлиевые*

Другие материалы транзисторов до недавнего времени не использовались. В настоящее время имеются транзисторы на основе, например, прозрачных полупроводников для использования в матрицах дисплеев. Перспективный материал для транзисторов — полупроводниковые полимеры. Также имеются отдельные сообщения о транзисторах на основе углеродных нанотрубок.

*Комбинированные транзисторы*

Транзисторы со встроенными резисторами (Resistor-equipped transistors (RETs)) — биполярные транзисторы со встроенными в один корпус резисторами.

*Транзистор Дарлингтона* — комбинация двух биполярных транзисторов, работающая как биполярный транзистор с высоким коэффициентом усиления по току.

на транзисторах одной полярности

на транзисторах разной полярности

Лямбда-диод — двухполюсник, комбинация из двух полевых транзисторов, имеющая, как и туннельный диод, значительный участок с отрицательным сопротивлением.

Биполярный транзистор с изолированным затвором — силовой электронный прибор, предназначенный в основном, для управления электрическими приводами.

По мощности

По рассеиваемой в виде тепла мощности различают:

маломощные транзисторы до 100 мВт

транзисторы средней мощности от 0,1 до 1 Вт

мощные транзисторы (больше 1 Вт).

По исполнению

дискретные транзисторы

корпусные

Для свободного монтажа

Для установки на радиатор

Для автоматизированных систем пайки

бескорпусные

транзисторы в составе интегральных схем.

По материалу и конструкции корпуса

металло-стеклянный

пластмассовый

керамический

Прочие типы

Одноэлектронные транзисторы содержат квантовую точку (т. н. «остров») между двумя туннельными переходами. Ток туннелирования управляется напряжением на затворе, связанном с ним ёмкостной связью.

Биотранзистор

Выделение по некоторым характеристикам

Транзисторы BISS (Breakthrough in Small Signal, дословно — «прорыв в малом сигнале») — биполярные транзисторы с улучшенными малосигнальными параметрами. Существенное улучшение параметров транзисторов BISS достигнуто за счёт изменения конструкции зоны эмиттера. Первые разработки этого класса устройств также носили наименование «микротоковые приборы».

Транзисторы со встроенными резисторами RET (Resistor-equipped transistors) — биполярные транзисторы со встроенными в один корпус резисторами. RET транзистор общего назначения со встроенным одним или двумя резисторами. Такая конструкция транзистора позволяет сократить количество навесных компонентов и минимизирует необходимую площадь монтажа. RET транзисторы применяются для контроля входного сигнала микросхем или для переключения меньшей нагрузки на светодиоды.

Применение гетероперехода позволяет создавать высокоскоростные и высокочастотные полевые транзисторы, такие как HEMT.

Применение транзисторов

Транзисторы применяются в качестве активных (усилительных) элементов в усилительных и переключательных каскадах.

Реле и тиристоры имеют больший коэффициент усиления мощности, чем транзисторы, но работают только в ключевом (переключательном) режиме.