МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОЧЕРКАСКИЙ МЕХАНИКО\_ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИМ.А.Д. ЦЮРУПЫ»

РЕФЕРАТ

на тему:

«ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ ТРАНЗИСТОРА»

2009г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. История изобретения транзистора

2. Первый транзистор

3. Создание биполярного транзистора

4. «Холодная война» и ее влияние на электронику

5. Первые советские транзисторы

6. Полевые транзисторы

7. Область применения транзистора

ВВЕДЕНИЕ

Трудно найти такую отрасль науки и техники, которая так же стремительно развивалась и оказала такое–же огромное влияние на все стороны жизнедеятельности человека, каждого отдельного и общества в целом, как электроника. Как самостоятельное направление науки и техники электроника сформировалась благодаря электронной лампе. Сначала появились радиосвязь, радиовещание, радиолокация, телевидение, затем электронные системы управления, вычислительная техника и т.п. Но электронная лампа имеет неустранимые недостатки: большие габариты, высокое энергопотребление, большое время вхождения в рабочий режим, низкую надежность. В результате через 2-3 десятка лет существования ламповая электроника во многих применениях подошла к пределу своих возможностей. Электронной лампе требовалась более компактная, экономичная и надежная замена. И она нашлась в виде полупроводникового транзистора. Его создание справедливо считают одним из величайших достижений научно-технической мысли двадцатого столетия, коренным образом изменившим мир. Оно было отмечено Нобелевской премией по физике, присужденной в 1956 г. американцам Джону Бардину, Уолтеру Браттейну и Уильяму Шокли. Но у нобелевской тройки в разных странах были предшественники . И это понятно. Появление транзисторов – результат многолетней работы многих выдающихся ученых и специалистов, которые в течении предшествующих десятилетий развивали науку о полупроводниках. Советские ученые внесли в это общее дело огромный вклад. Очень много было сделано школой физики полупроводников академика А.Ф. Иоффе – пионера мировых исследований по физике полупроводников. Еще в 1931 году он опубликовал статью с пророческим названием: «Полупроводники – новые материалы электроники». Немалую заслугу в исследование полупроводников внесли Б.В. Курчатов и В.П. Жузе. В своей работе – «К вопросу об электропроводности закиси меди» в 1932 году они показали, что величина и тип электрической проводимости определяется концентрацией и природой примеси. Советский физик Я.Н. Френкель создал теорию возбуждения в полупроводниках парных носителей заряда: электронов и дырок. В 1931 г. англичанину Уилсону удалось создать т еоретическую модель полупроводника, сформулировав при этом основы «зонной теории полупроводников». В 1938 г. Мотт в Англии, Б.Давыдов в СССР, Вальтер Шоттки в Германии независимо друг от друга предложили теорию выпрямляющего действия контакта металл-полупроводник. В 1939 году Б.Давыдов опубликовал работу «Диффузионная теория выпрямления в полупроводниках». В 1941 г. В. Е. Лашкарев опубликовал статью «Исследование запирающих слоев методом термозонда» и в соавторстве с К. М. Косоноговой – статью «Влияние примесей на вентильный фотоэффект в закиси меди». Он описал физику «запорного слоя» на границе раздела «медь – закись меди», впоследствии названного «p-n» переходом. В 1946 г. В. Лошкарев открыл биполярную диффузию неравновесных носителей тока в полупроводниках. Им же был раскрыт механизм инжекции – важнейшего явления, на основе которого действуют полупроводниковые диоды и транзисторы. Большой вклад в исследование свойств полупроводников внесли И.В.Курчатов, Ю.М.Кушнир, Л.Д.Ландау, В.М.Тучкевича, Ж.И.Алферов и др. Таким образом, к концу сороковых годов двадцатого века основы теоретической базы для создания транзисторов были проработаны достаточно глубоко, чтобы приступать к практическим работам.

1. ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ ТРАНЗИСТОРА

Первой известной попыткой создания кристаллического усилителя в США предпринял немецкий физик Юлиус Лилиенфельд, запатентовавший в 1930, 1932 и 1933 гг. три варианта усилителя на основе сульфида меди. В 1935 г. немецкий у ченый Оскар Хейл получил британский патент на усилитель на основе пятиокиси ванадия. В 1938 г. немецкий физик Поль создал действующий образец кристаллического усилителя на нагретом кристалле бромида калия. В довоенные годы в Германии и Англии было выдано еще несколько аналогичных патентов. Эти усилители можно считать прообразом современных полевых транзисторов. Однако построить устойчиво работающие приборы не удавалось, т.к. в то время еще не было достаточно чистых материалов и технологий их обработки. В первой половине тридцатых годов точечные триоды изготовили двое радиолюбителей – канадец Ларри Кайзер и тринадцатилетний новозеландский школьник Роберт Адамс. В июне 1948 г. (до обнародования транзистора) изготовили свой вариант точечного германиевого триода, названный ими транзитроном, жившие тогда во Франции немецкие физики Роберт Поль и Рудольф Хилш. В начале 1949 г. было организовано производство транзитронов, применялись они в телефонном оборудовании, причем работали лучше и дольше американских транзисторов. В России в 20-х годах в Нижнем Новгороде О.В.Лосев наблюдал транзисторный эффект в системе из трех – четырех контактов на поверхности кремния и корборунда. В середине 1939 г. он писал: «…с полупроводниками может быть построена трехэлектродная система, аналогичная триоду», но увлекся открытым им светодиодным эффектом и не реализовал эту идею. К транзистору вело множество дорог.

2. ПЕРВЫЙ ТРАНЗИСТОР

Выше описанные примеры проектов и образцов транзисторов были результатами локальных всплесков мысли талантливых или удачливых людей, не подкрепленные достаточной экономической и организационной поддержкой и не сыгравшие серьезной роли в развитии электроники. Дж. Бардин, У. Браттейн и У. Шокли оказались в лучших условиях. Они работали по единственной в мире целенаправленной долговременной (более 5 лет) программе с достаточным финансовым и материальным обеспечением в фирме Bell Telephone Laboratories, тогда одной из самых мощных и наукоемких в США. Их работы были начаты еще во второй половине тридцатых годов, работу возглавил Джозеф Бекер, который привлек к ней высококлассного теоретика У. Шокли и блестящего экспериментатора У. Браттейна. В 1939 г. Шокли выдвинул идею изменять проводимость тонкой пластины полупроводника (оксида меди), воздействуя на нее внешним электрическим полем. Это было нечто, напоминающее и патент Ю. Лилиенфельда, и позже сделанный и ставший массовым полевой транзистор. В 1940 г. Шокли и Браттейн приняли удачное решение ограничить исследования только простыми элементами – германием и кремнием. Однако все попытки построить твердотельный усилитель ни к чему не привели, и после Пирл-Харбора (практическое начало Второй мировой войны для США) были положены в долгий ящик. Шоккли и Браттейн были направлены в исследовательский центр, работавший над созданием радаров. В 1945 г. оба возвратились в Bell Labs. Там под руководством Шокли была создана сильная команда из физиков, химиков и инженеров для работы над твердотельными приборами. В нее вошли У. Браттейн и физик-теоретик Дж. Бардин. Шокли сориентировал группу на реализацию своей довоенной идеи. Но устройство упорно отказывалось работать, и Шокли, поручив Бардину и Браттейну довести его до ума, сам практически устранился от этой темы. Два года упорного труда принесли лишь отрицательные результаты. Бардин предположил, что избыточные электроны прочно оседали в приповерхностных областях и экранировали внешнее поле. Эта гипотеза подсказала дальнейшие действия. Плоский управляющий электрод заменили острием, пытаясь локально воздействовать на тонкий приповерхностный слой полупроводника.

Однажды Браттейн нечаянно почти вплотную сблизил два игольчатых электрода на поверхности германия, да еще перепутал полярность напряжений питания, и вдруг заметил влияние тока одного электрода на ток другого. Бардин мгновенно оценил ошибку. А 16 декабря 1947 г. у них заработал твердотельный усилитель, который и считают первым в мире транзистором. Устроен онбыл очень просто – на металлической подложке-электроде лежала пластинка германия, в которую упирались два близко расположенных (10-15 мкм) контакта. Оригинально были сделаны эти контакты. Треугольный пластмассовый нож, обернутый золотой фольгой, разрезанной надвое бритвой по вершине треугольника. Треугольник прижимался к германиевой пластинке специальной пружиной, изготовленной из изогнутой канцелярской скрепки. Через неделю, 23 декабря 1947 г. прибор был продемонстрирован руководству фирмы, этот день и считается датой рождения транзистора. Все были рады результатом, кроме Шокли: получилось, что он, раньше всех задумавший полупроводниковый усилитель, руководивший группой специалистов, читавший им лекции по квантовой теории полупроводников – не участвовал в его создании. Да и транзистор получился не такой, как Шокли задумывал: биполярный, а не полевой. Следовательно на соавторство в «звездном» патенте он претендовать не мог. Прибор работал, но широкой публике эту внешне несуразную конструкцию показывать было нельзя. Изготовили несколько транзисторов в виде металлических цилиндриков диаметром около 13 мм. и собрали на них «безламповый» радиоприемник. 30 июня 1948 г. в Нью-Йорке состоялась официальная презентация нового прибора – транзистора (от англ. Transver Resistor – трансформатор сопротивлений). Но специалисты не сразу оценили его возможности. Эксперты из Пентагона «приговорили» транзистор к использованию лишь в слуховых аппаратах для старичков. Так близорукость военных спасла транзистор от засекречивания. Презентация осталась почти незамеченной, лишь пара абзацев о транзисторе появилась в «Нью-Йорк Тайме» на 46 странице в разделе «Новости радио». Таким было явление миру одного из величайших открытий XX века. Даже изготовители электронных ламп, вложившие многие миллионы в свои заводы, в появлении транзистора угрозы не увидели. Позже, в июле 1948 года, информация об этом изобретении появилась в журнале «The Physical Review». Но т олько через некоторое в время специалисты поняли, что произошло грандиозное событие, определившее дальнейшее развитие прогресса в мире. Bell Labs сразу оформила патент на это революционное изобретение, но с технологией было масса проблем. Первые транзисторы, поступившие в продажу в 1948 году, не внушали оптимизма – стоило их потрясти, и коэффициент усиления менялся в несколько раз, а при нагревании они и вовсе переставали работать. Но зато им не было равных в миниатюрности. Аппараты для людей с пониженным слухом можно было поместить в оправе очков! Поняв, что вряд ли она сама сможет справиться со всеми технологическими проблемами, Bell Labs решилась на необычный шаг. В начале 1952 года она объявила, что полностью передаст права на изготовление транзистора всем компаниям, готовым выложить довольно скромную сумму в 25 000 долларов вместо регулярных выплат за пользование патентом, и предложила обучающие курсы по транзисторной технологии, помогая распространению технологии по всему миру. Постепенно росла очевидность важности этого миниатюрного устройства. Транзистор оказался привлекательным по следующим причинам: был дешев, миниатюрен, прочен, потреблял мало мощности и мгновенно включался (лампы долго нагревались). В 1953 г. на рынке появилось первое коммерческое транзисторное изделие – слуховой аппарат (пионером в этом деле выступил Джон Килби из ф. Centralab , который через несколько лет сделает первую в мире полупроводниковую микросхему), а в октябре 1954 г. – первый транзисторный радиоприемник Regency TR1, в нем использовалось всего четыре германиевых транзистора. Немедленно принялась осваивать новые приборы и индустрия вычислительной техники, первой была фирма IBM . Доступность технологии дала свои плоды – мир начал стремительно меняться.

3. СОЗДАНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

У честолюбивого У. Шокли случившееся вызвало вулканический всплеск его творческой энергии. Хотя Дж. Бардин и У.Браттейн нечаянно получили не полевой транзистор, как планировал Шокли, а биполярный, он быстро разобрался в сделанном. Позднее Шокли вспоминал о своей «страстной неделе», в течение которой он создал теорию инжекции, а в новогоднюю ночь изобрел плоскостной биполярный транзистор без экзотических иголочек. Что бы создать что-то новое, Шокли по-новому взглянул на давно известное – на точечный и плоскостный полупроводниковые диоды, на физику работы плоскостного «p - n» перехода, легко поддающуюся теоретическому анализу. Поскольку точечный транзистор представляет собой два очень сближенные диода, Шокли провел теоретическое исследования пары аналогично сближенных плоскостных диодов и создал основы теории плоскостного биполярного транзистора в кристалле полупроводника, со держащего два «p - n» перехода. Плоскостные транзисторы обладают рядом преимуществ перед точечными: они более доступны теоретическому анализу, обладают более низким уровнем шумов, обеспечивают большую мощность и, главное, более высокие повторяемость параметров и надежность. Но, пожалуй, главным их преимуществом была легко автоматизируемая технология, исключающая сложные операции изготовления, установки и позиционирования подпружиненных иголочек, а также обеспечивавшая дальнейшую миниатюризацию приборов. 30 июня 1948 г. в нью-йоркском офисе Bell Labs изобретение было впервые продемонстрировано руководству компании. Но оказалось, что создать серийноспособный плоскостной транзистор гораздо труднее, чем точечный. Транзистор Браттейна и Бардина – чрезвычайно простое устройство. Его единственным полупроводниковым компонентом был кусочек относительно чистого и вполне тогда доступного германия. А вот техника легирования полупроводников в конце сороковых годов, необходимая для изготовления плоскостного транзистора, еще находилась в младенчестве, поэтому изготовление серийноспособного транзистора «по Шокли» удалось только в 1951 г. В 1954 году Bell Labs разработала процессы окисления, фотолитографии, диффузии, которые на многие годы стали основой производства полупроводниковых приборов.

Точечный транзистор Бардина и Браттейна – безусловно огромный прогресс по сравнению с электронными лампами. Но не он стал основой микроэлектроники, век его оказался короток, около 10 лет. Шокли быстро понял сделанное коллегами и создал плоскостной вариант биполярного транзистора, который жив и сегодня и будет жить, пока существует микроэлектроника. Патент на него он получил в 1951 г. А в 1952 г. У. Шокли создал и поле вой транзистор, так же им запатентованный. Так что свое участие в Нобелевской премии он заработал честно.

Число производителей транзисторов росло как снежный ком. Bell Labs, Shockley Semiconductor, Fairchild Semiconductor, Western Electric, GSI (с декабря 1951 г. Texas Instruments), Motorola, Tokyo Cousin (С 1958 г. Sony), NEC и многие другие.

В 1950 г. фирма GSI разработала первый кремниевый транзистор, а с 1954 г., преобразившись в Texas Instruments , начала его серийное производство.

4. «ХОЛОДНАЯ ВОЙНА» И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОНИКУ

После окончания Второй мировой войны мир раскололся на два враждебных лагеря. В 1950-1953 гг. эта конфронтация вылилась в прямое военное столкновение – Корейскую войну. Фактически это была опосредованная война между США и СССР. В это же время США готовились к прямой войне с СССР. В 1949 г. в США был разработан опубликованный ныне план «Последний выстрел» (Operation Dropshot), фактически план Третье мировой войны, войны термоядерной. План предусматривал прямое нападение на СССР 1 января 1957 г . В течение месяца предполагалось сбросить на наши головы 300 50-килотонных атомных и 200 000 обычных бомб. Для этого план предусматривал разработку специальных баллистических ракет, подводных атомных лодок, авианосцев и многого другого. Так началась развязанная США беспрецедентная гонка вооружений, продолжавшаяся всю вторую половину прошлого века, продолжающаяся, не столь демонстративно, и сейчас. В этих условиях перед нашей страной, выдержавшей беспрецедентную в моральном и экономическом отношении четырехлетнюю войну и добившейся победы ценой огромных усилий и жертв, возникли новые гигантские проблемы по обеспечению собственной и союзников безопасности. Пришлось срочно, отрывая ресурсы от измученного войной и голодного народа, создавать новейшие виды оружия, содержать в постоянной боеготовности огромную армию. Так были созданы атомные и водородные бомбы, межконтинентальные ракеты, система противоракетной обороны и многое другое. Наши успехи в области обеспечения обороноспособности страны и реальная возможность получения сокрушительного ответного удара вынудили США отказаться от реализации плана «Dropshot» и других ему подобных. Одним из последствий «холодной войны» была почти полная экономическая и информационная изоляция противостоящих сторон. Экономические и научные связи были весьма слабы, а в области стратегически важных отраслей и новых технологий практически отсутствовали. Важные открытия, изобретения, новые разработки в любой области знаний, которые могли быть использованы в военной технике или способствовать экономическому развитию, засекречивались. Поставки прогрессивных технологий, оборудования, продукции запрещались. В результате советская полупроводниковая наука и промышленность, развивались в условиях почти полной изоляции, фактической блокады от всего того, что делалось в этой области в США, Западной Европе, а затем и Японии. Следует также отметить, что советская наука и промышленность во многих направлениях тогда занимала лидирующее в мире положение. Наши истребители в корейской войне были лучше американских, наши ракеты были мощнее всех, в космосе в те годы мы были впереди планеты всей, первый в мире компьютер с производительностью выше 1 млн. оп/с был наш, водородную бомбу мы сделали раньше США, баллистическую ракету первой сбила наша система ПРО и т.п. Отстать в электронике означало потянуть назад все остальные отрасли науки и техники. Значение полупроводниковой техники в СССР понимали прекрасно, но пути и методы ее развития были иными, чем в США. Руководство страны сознавало, что противостояние в холодной войне можно обеспечить путем развития оборонных систем, управляемых надежной, малогабаритной электроникой. В 1959 году были основаны такие заводы полупроводниковых приборов, как Александровский, Брянский, Воронежский, Рижский и др. В январе 1961 г. было принято Постановление ЦК КПСС и СМ СССР «О развитии полупроводниковой промышленности», в котором предусматривалось строительство заводов и НИИ в Киеве, Минске, Ереване, Нальчике и других городах. Причем базой для создания первых предприятий полупроводниковой промышленности стали совершенно не приспособленные для этих целей помещения (здания коммерческого техникума в Риге, Совпартшколы в Новгороде, макаронная фабрика в Брянске, швейная фабрика в Воронеже, ателье в Запорожье и т.д.). Но вернемся к истокам.

5. ПЕРВЫЕ СОВЕТСКИЕ ТРАНЗИСТОРЫ

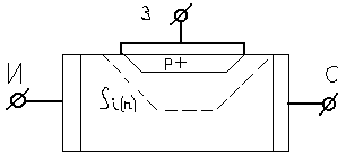
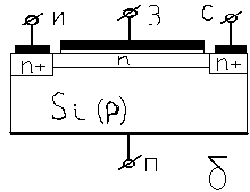
В годы, предшествующие изобретению транзистора, в СССР были достигнуты значительные успехи в создании германиевых и кремниевых детекторов. В этих работах использовалась оригинальная методика исследования приконтактной области путем введения в нее дополнительной иглы, вследствие чего создавалась конфигурация, в точности повторяющая точечный транзистор. Иногда при измерениях выявлялись и транзисторные характеристики (влияние одного «p — n» перехода на другой близко расположенный), но их отбрасывали как случайные и неинтересные аномалии. Мало в чем наши исследователи уступали американским специалистам, не было у них лишь одного — нацеленности на транзистор, и великое открытие выскользнуло из рук. Начиная с 1947 г. интенсивные работы в области полупроводниковых усилителей велись в ЦНИИ-108 (лаб. С. Г. Калашникова) и в НИИ-160 (НИИ «Исток», Фрязино, лаб. А. В. Красилова). В 1948 г., группа А. В. Красилова, разрабатывавшая германиевые диоды для радиолокационный станций, также получила транзисторный эффект и попыталась объяснить его. Об этом в журнале «Вестник информации» в декабре 1948 ими была опубликована статья «Кристаллический триод» — первая публикация в СССР о транзисторах. Напомним, что первая публикация о транзисторе в США в журнале «The Physical Review» состоялась в июле 1948 г., т.е. результаты работ группы Красилова были независимы и почти одновременны. Таким образом научная и экспериментальная база в СССР была подготовлена к созданию полупроводникового триода (термин «транзистор» был введен в русский язык в середине 60-х годов) и уже в 1949 г. лабораторией А. В. Красилова были разработаны и переданы в серийное производство первые советские точечные германиевые триоды С1 — С4. В 1950 г. образцы германиевых триодов были разработаны в ФИАНе (Б.М. Вул, А. В. Ржанов, В. С. Вавилов и др.), в ЛФТИ (В.М. Тучкевич, Д. Н. Наследов) и в ИРЭ АН СССР (С.Г. Калашников, Н. А. Пенин и др.).

В мае 1953 г. был образован специализированный НИИ (НИИ-35, позже – НИИ «Пульсар»), учрежден Межведомственный Совет по полупроводникам. В 1955 г. началось промышленное производство транзисторов на заводе «Светлана» в Ленинграде, а при заводе создано ОКБ по разработке полупроводниковых приборов. В 1956 г. московский НИИ-311 с опытным заводом переименован в НИИ «Сапфир» с заводом «Оптрон» и переориентирован на разработку полупроводниковых диодов и тиристоров. На протяжении 50-х годов в стране были разработаны ряд новых технологий изготовления плоскостных транзисторов: сплавная, сплавно-диффузионная, меза-диффузионная. Полупроводниковая промышленность СССР развивалась достаточно быстро: в 1955 г. было выпущено 96 тысяч, в 1957 г. – 2,7 млн, а в 1966 г. – более 11 млн. транзисторов. И это было только начало.

6. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Первый полевой транзистор был запатентован в США в 1926/30гг., 1928/32гг. и 1928/33гг. Лилиенфельд – автор этих потентов. Он родился в 1882 году в Польше. С 1910 по 1926 г. был профессором Лейпцигского университета. В 1926 г. иммигрировал в США и подал заявку на патент. Предложенные Лилиенфельдом транзисторы не были внедрены в производство. Наиболее важная особенность изобретения Лилиенфельда заключается в том, что он понимал работу транзистора на принципе модуляции проводимости исходя из электростатики. В описании к патенту формулируется, что проводимость тонкой области полупроводникового канала модулируется входным сигналом, поступающим на затвор через входной трансформатор. В 1935 году в Англии получил патент на полевой транзистор немецкий изобретатель О.Хейл

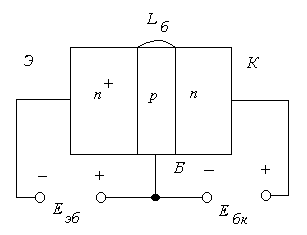
Схема из патента представлена на Рис. где:



Управляющий электрод (1) выполняет роль затвора, электрод (3) выполняет роль стока, электрод (4) роль истока. Подавая переменный сигнал на затвор, расположенный очень близко к проводнику, получаем изменение сопротивления полупроводника (2) между стоком и истоком. При низкой частоте можно наблюдать колебание стрелки амперметра (7). Данное изобретение является прототипом полевого транзистора с изолированным затвором. Следующий период волны изобретений по транзисторам наступил в 1939 году, когда после трехлетних изысканий по твердотельному усилителю в фирме "BTL" (Bell Telephone Laboratories) Шокли был приглашен включиться в исследование Браттейна по медноокисному выпрямителю. Работа была прервана второй мировой войной, но уже перед отъездом на фронт Шокли предложил два транзистора. Исследования по транзисторам

Биполярные транзисторы полупроводниковые приборы с большим числом слоёв разного типа электропроводности, расположенных в разном сочетании. Рассмотрим биполярный транзистор.

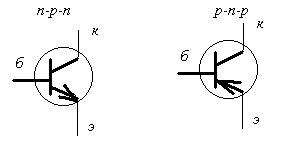
Принцип действия биполярного транзистора заключается в том, что 2 р-п перехода расположены настолько близко друг к другу, что происходит взаимное их влияние, вследствие чего они усиливают электрические сигналы.



Как показано на рис., это три области – п-, р- и п. (В принципе может быть и наоборот: р-, п-, р-; все рассуждения относительно такого транзистора будут одинаковы, различие только в полярностях напряжений, такой транзистор называется р-п-р, а мы для простоты будем рассматривать п-р-п, изображённый на рис.)

Итак, на рис. изображены три слоя: с электронной электропроводностью, причём сильной, что обозначает плюс - эмиттер, дырочной - база, и снова электронной, но более слабо легированной (концентрация электронов самая малая) – коллектор. Толщина базы, т.е. расстояние между двумя р-п переходами, равное Lб , очень мала. Она должна быть меньше диффузионной длины электронов в базе. Это от единиц до десятка мкм. Толщина базы должна быть не более единиц мкм. (Толщина человеческого волоса 20-50 мкм. Отметим также, что это близко к пределу разрешения человеческого глаза, так как мы не можем видеть ничего меньшего, чем длина волны света, т.е. примерно 0,5 мкм). Все остальные размеры транзистора не более примерно 1 мм.

К слоям прикладывают внешнее напряжение так, что эмиттерный р-п переход смещён в прямом направлении, и через него протекает большой ток, а коллекторный р-п переход смещён в противоположную сторону, так что через него не должен протекать ток. Однако вследствие того, что р-п переходы расположены близко, они влияют друг на друга, и картина меняется: ток электронов, прошедший из эмиттерного р-п перехода, протекает дальше, доходит до коллекторного р-п перехода и электрическим полем последнего электроны втягиваются в коллектор. В результате у хороших транзисторов практически весь ток коллектора равен току эмиттера. Потери тока очень незначительны: проценты и даже доли процента.



Обычно в схемах биполярные транзисторы изображаются так:

Как видно, схематическое изображение совсем не похоже на их действительную конструкцию. Но так принято. Кружок символизирует корпус транзистора. Индексом "б" обозначен контакт к базе, "к" обозначает контакт к коллекторной области, а "э" – к эмиттерной области. Направление стрелки у эмиттерного контакта определяет тип транзистора (п-р-п или р-п-р).

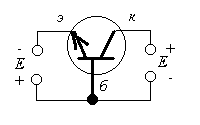
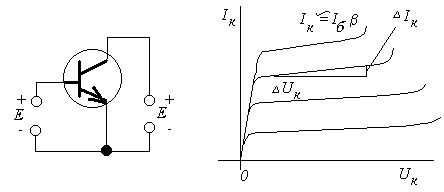


Схема с общей базой: Коэффициент усиления α<1

Мы видим, что к эмиттерному р-п переходу приложено прямое смещение: плюс к базовому контакту, а минус к эмиттерному контакту. К коллекторному р-п переходу приложено обратное смещение. В этом случае у хорошего транзистора коллекторный ток лишь незначительно меньше эмиттерного.

Схема с общим эмиттером



В этом случае в базу и в эмиттер подаются напряжения одного знака, но в базу подаётся не больше 0,7 В, а в коллектор – 5...15 В. Коэффициент усиления β>1

7. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНЗИСТОРА

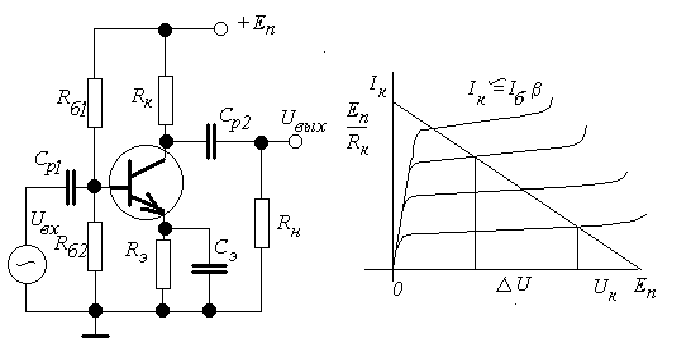
Первыми транзисторами выпущенными отечественной промышленностью были точечные транзисторы, которые предназначались для усиления и генерирования колебаний частотой до 5 МГц. В процессе производства первых в мире транзисторов были отработаны отдельные технологические процессы и разработаны методы контроля параметров. Накопленный опыт позволил перейти к выпуску более совершенных приборов, которые уже могли работать на частотах до 10 МГц. В дальнейшем на смену точечным транзисторам пришли плоскостные, обладающие более высокими электрическими и эксплуатационными качествами. Первые транзисторы типа П1 и П2 предназначались для усиления и генерирования электрических колебаний с частотой до 100 кГц.

Затем появились более мощные низкочастотные транзисторы П3 и П4 применение которых в 2-х тактных усилителях позволяло получить выходную мощность до нескольких десятков ватт. По мере развития полупроводниковой промышленности происходило освоение новых типов транзисторов, в том числе П5 и П6, которые по сравнению со своими предшественниками обладали улучшенными характеристиками.

Шло время, осваивались новые методы изготовления транзисторов, и транзисторы П1 – П6 уже не удовлетворяли действующим требованиям и были сняты с производства. Вместо них появились транзисторы типа П13 – П16, П201 – П203, которые тоже относились к низкочастотным не превышающим 100 кГц. Столь низкий частотный предел объясняется способом изготовления этих транзисторов, осуществляемым методом сплавления.

Поэтому транзисторы П1 – П6, П13 – П16, П201 – П203 называют сплавными. Транзисторы способные генерировать и усиливать электрические колебания с частотой в десятки и сотни МГц появились значительно позже – это были транзисторы типаП401 – П403, которые положили начало применению нового диффузионного метода изготовления полупроводниковых приборов. Такие транзисторы называют диффузионными. Дальнейшее развитие шло по пути совершенствования как сплавных, так и диффузионных транзисторов, а так же созданию и освоению новых методов их изготовления.

С появлением биполярных полевых транзисторов начали воплощаться идеи разработки малогабаритных ЭВМ. На их основе стали создавать бортовые электронные системы для авиационной и космической техники.



Рис№1

В схеме ОЭ входной сигнал подаётся на базу, а выходной сигнал снимается с коллектора. Схема и выходные характеристики изображены на рис.1Видно, что схема стала очень сложной. Однако главное, что здесь есть – это резистор Rк , который определяет коэффициент усиления по напряжению, и который составляет от единиц кОм до МОм (чем больше этот резистор, тем больше усиление). Все остальные элементы более или менее условны.Прежде всего Rэ необходимо для термостабилизации транзистора. Это осуществляется за счёт обратной связи по постоянному току, которую мы обсудим позже.

Сэ – конденсатор, который шунтирует этот резистор на рабочих частотах, так что при переменном сигнале резистора нет. Этот конденсатор – несколько мкФ. Обычно это электролитический конденсатор.

Ср – разделительные конденсаторы, которые отделяют постоянную составляющую сигнала на входе и выходе схемы от внешних сигналлов. Обычно это несколько мкФ.

Rб1 – важный резистор, управляющий работой транзистора, служит для задания рабочей точки. Этот резистор задаёт постоянную составляющую тока базы. Его значение зависит от величины Rк .

Rб2 – практически ненужный резистор, просто он ставится для предохранения транзистора от сгорания. Его значение должно быть большим, так как стоит он параллельно входу и может его закоротить. Обычно это 1 или несколько килоом, так как входное сопротивление транзистора мало.

Rн – сопротивление нагрузки, лучше, если оно большое, так как оно подключено параллельно выходу транзистора, и если оно будет малым, выходной сигнал упадёт.

Uвх – сигнал на входе транзистора. Как видно, на входе много различных деталей – резисторов и конденсаторов. Но на рабочих частотах сопротивления конденсаторов малы, и они хорошо пропускают сигналы. А два параллельных резистора Rб1 и Rб2 достаточно велики по сравнению с входным сопротивлением транзистора. Поэтому учтём только это входное сопротивление.Обычно собственно сопротивления транзистора обозначаются малыми буквами:

rб – сопротивление базовой области транзистора, обычно очень мало – от нескольких Ом до десятков Ом;

rэ – сопротивление эмиттерной области (десятые или сотые доли Ом) и эмиттерного р-п перехода, обычно смещённого в прямом напрявлении. При открытом транзисторе это в пределах 10...100 Ом. На вход подаётся напряжение Uвх. Ток, протекающий через базу транзистора.Через коллектор протекает ток Iк = βIб. Вычислим потенциал на коллекторе. Теперь найдём коэффициент усиления по напряжению Кu=Uвых/Uвх, но так как это затруднительно, будем искать дифференциальный коэффициент усиления: