**Урок 1. Основные этапы развития электронной техники.**

**Что изучает дисциплина «Электронная техника»?**

Электронная техника — это область науки и техники, изучающая теорию работы и практическое использование электровакуумных и полупроводниковых приборов в различных электронных устройствах и схемах.

Электронная техника охватывает физические явления, происходящие при прохождении электрического тока в полупроводниках, вакууме и газе, а также разработку и применение приборов и устройств, основанных на этих процессах.

**Этапы развития электронной техники.**

1. **Первый этап развития электронной техник (до 1904 года)**

Фундамент электронной технике был заложен трудами физиков в XVIII– XIX в. Первые в мире исследования электрических разрядов в воздухе осуществили академики Ломоносов и Рихман в России и независимо от них американский ученый Франкель. В 1743 г. Ломоносов в оде "Вечерние размышления о божьем величии" изложил идею об электрической природе молнии и северного сияния.

 Уже в 1752 году Франкель и Ломоносов показали на опыте с помощью "громовой машины", что гром и молния представляют собой мощные электрические разряды в воздухе. Ломоносов установил также, что электрические разряды имеются в воздухе и при отсутствии грозы, т.к. и в этом случае из "громовой машины" можно было извлекать искры. "Громовая машина" представляла собой Лейденскую банку установленную в жилом помещении. Одна из обкладок которой была соединена проводом с металлической гребенкой или острием укрепленным на шесте во дворе. По сути это первый прибор стал прообразом всей будущей электронной техники.

Ле́йденская ба́нка — первый электрический конденсатор, изобретённый голландским учёным Питером ван Мушенбруком и его учеником Кюнеусом в 1745 в Лейдене. Параллельно и независимо от них сходный аппарат под названием «медицинская банка» изобрёл немецкий учёный Клейст. Изобретение лейденской банки стимулировало изучение электричества, в частности, скорости его распространения и электропроводящих свойств некоторых материалов. Выяснилось, что металлы и вода (кроме дистиллированной) — лучшие проводники. Благодаря Лейденской банке удалось впервые искусственным путём получить электрическую искру. В современном мире лейденская банка применяется только для демонстраций, как компонент электрофорной машины, в электротехнике она вытеснена куда более удобными и ёмкими высоковольтными конденсаторами закрытого типа.

 Ломоносов исследовал также свечение разряженного воздуха под действием машины с трением. В 1802 году профессор физики Петербургской медико-хирургической академии – Василий Владимирович Петров впервые, за несколько лет до английского физика Дэви, обнаружил и описал явление электрической дуги в воздухе между двумя угольными электродами. Кроме этого фундаментального открытия, Петрову принадлежит описание разнообразных видов свечения разряженного воздуха при прохождении через него электрического тока. Работы Петрова были истолкованы только на русском языке, зарубежным ученым они были не доступны. В России значимость работ не было понято и они были забыты. Поэтому открытие дугового разряда было приписано английскому физику Дэви. Начавшееся изучение спектров поглощения и излучения различных тел привело немецкого ученого Плюккера к созданию Гейслеровых трубок.

 Гейслеровы трубки - стеклянные трубки разнообразной формы, содержащие разреженные газы и служащие для изучения световых явлений, сопровождающих электрические разряды в разреженных средах. В противоположные концы трубок впаяны короткие платиновые проволоки, между внутренними концами которых и происходит разряд; наружные концы соединяются обычно с индукционной катушкой или с полюсами гальванической батареи, состоящей из нескольких тысяч пар (ср. Варрен Деларю). Трубки бывают расширенные по концам и волосные посредине или имеют несколько широких и узких частей, перемежающихся между собой или же широких по всей длине, смотря по назначению. Служат для спектральных наблюдений, для фосфоричности и флюоресценции и в других случаях. Впервые были устроены Плюкером, но получили свое название от Гейсслера, который стал их изготавливать с особенным искусством, хотя теперь многие стеклодувы могут их делать.

 В 1857 году Плюккер установил, что спектр Гейслеровой трубки, вытянутой в капилляр и помещенной перед щелью спектроскопа, однозначно характеризует природу заключенного в ней газа и открыл первые три линии так называемой Бальмеровской спектральной серии водорода. Ученик Плюккера Гитторф изучал тлеющий разряд и в 1869 году опубликовал серию исследований эл./проводимости газов. Ему совместно с Плюккером принадлежат первые исследования катодных лучей, которые продолжил англичанин Крукс.

Существенный сдвиг в понимании явления газового разряда был вызван работами английского ученого Томсона, открывшего существование электронов и ионов. Томсон создал Кавендишскую лабораторию откуда вышел ряд физиков исследователей электрических зарядов газов(Таундсен, Астон, Резерфорд, Крукс, Ричардсон). В дальнейшем эта школа внесла крупный вклад в развитие электроники. Из русских физиков над исследованием дуги и практическим ее применением для освещения работали: Яблочков (1847–1894), Чиколев (1845–1898), Славянов(сварка, переплавка металлов дугой), Бернардос(применение дуги для освещения). В 1840 году англичанин Деларю производит первую лампу накаливания (с платиновой спирали. В 1854 году немец Генрих Гёбель разработал первую «современную» лампу: обугленную бамбуковую нить в вакуумированном сосуде. В последующие пять лет. Он разработал то, что многие называют первой практичной лампой. В 1860 году английский химик и физик Джозеф Уилсон Суон продемонстрировал первые результаты и получил патент, однако трудности в получении вакуума привели к тому, что лампа Суона работала недолго и неэффективно. 11 июля 1874 года российский инженер Александр Николаевич Лодыгин получил патент за номером 1619 на нитевую лампу. В качестве нити накала он использовал угольный стержень, помещённый в вакуумированный сосуд. В 1875 году В. Ф. Дидрихсон усовершенствовал лампу Лодыгина, осуществив откачку воздуха из неё и применив в лампе несколько волосков (в случае перегорания одного из них, следующий включался автоматически).

 В 1875—1876 годах русский электротехник Павел Николаевич Яблочков, работая над «электрической свечой», открыл, что каолин, который он использовал для изоляции углей свечи, электропроводен при высокой температуре. После чего он создал *«каолиновую лампу»*, где «нить накала» была изготовлена из каолина. Особенностью данной лампы было то, что она не требовала вакуума, и «нить накала» не перегорала на открытом воздухе. Однако Яблочков считал, что лампы накаливания неперспективны, и не верил в возможность их применения в широком масштабе. Каолиновая лампа была забыта, и позднее немецкий физик Вальтер Нернст создал аналогичную лампу, где нить накала была изготовлена из магнезии. Лампа Нернста так- же не требовала вакуума, особенностью каолиновой лампыи лампы Нернста является то, что нить накала надо разогреть до высокой температуры, что бы лампа зажглась. В первых лампах «нить накала» подогревалась спичкой, впоследствии стали использовать электрические нагреватели.

 Английский изобретатель Джозеф Уилсон Суон получил в 1878 году британский патент на лампу с угольным волокном. В его лампах волокно находилось в разреженной кислородной атмосфере, что позволяло получать очень яркий свет. Во второй половине 1870-х годов американский изобретатель Томас Эдисон проводит исследовательскую работу, в которой он пробует в качестве нити различные металлы. В 1879 году он патентует лампу с платиновой нитью.

В 1880 году он возвращается к угольному волокну и создаёт лампу с временем жизни 40 часов. Одновременно Эдисон изобрёл бытовой поворотный выключатель. Несмотря на столь непродолжительное время жизни, его лампы вытесняют использовавшееся до тех пор газовое освещение

В 1874 г. Ф. Браун открыл выпрямительный эффект в контакте металла с полупроводником , что стало крупнейшим открытием и дало начало изучению свойств детектирования.

В 1886—87 гг. известный физик Герц впервые наблюдал и дал описание внешнего фотоэффекта. Герц разрабатывал теорию резонансного контура, изучал свойства катодных лучей, исследовал влияние ультрафиолетовых лучей на электрический разряд.

С 1885 по 1889 годы Герц работал профессором физики технического университета в Карлсруэ. Именно в эти годы он провёл свои знаменитые опыты по распространению электрической силы, доказавшие реальность электромагнитных волн. Аппаратура, которой пользовался Герц, может показаться теперь более чем простой, но тем замечательнее полученные им результаты. Источниками электромагнитного излучения у него были искры в разрядниках. Электромагнитные волны от разрядников вызывали искровые разряды между шариками в «приемниках» — расположенных в нескольких метрах контурах, настроенных в резонанс. Герцу удалось не только обнаружить волны, в том числе, и стоячие, но и исследовать скорость их распространения, отражение, преломление и даже поляризацию. Все это очень напоминало оптику, с тем только (весьма существенным!) отличием, что длины волн были почти в миллиард раз больше. Первый Радиопередатчик Герца был разработан на основе катушки Румкорфа (с ударным возбуждением колебательного контура ключевым прерывателем).

Для проведения опытов Герц придумал и сконструировал свой знаменитый излучатель электромагнитных волн, названный впоследствии «вибратором Герца». Вибратор представлял собой два медных прутка с насаженными на концах латунными шариками и по одной большой цинковой сфере или квадратной пластине, играющей роль конденсатора. Между шариками оставался зазор — искровой промежуток. К медным стержням были прикреплены концы вторичной обмотки катушки Румкорфа — преобразователя постоянного тока низкого напряжения в переменный ток высокого напряжения. При импульсах переменного тока между шариками проскакивали искры и в окружающее пространство излучались электромагнитные волны. Перемещением сфер или пластин вдоль стержней регулировались индуктивность и ёмкость цепи, определяющие длину волны.Затем появился и первый Радиоприёмник Герца (искровой).Чтобы улавливать излучаемые волны, Герц придумал простейший резонатор — проволочное незамкнутое кольцо или прямоугольную незамкнутую рамку с такими же, как у «передатчика» латунными шариками на концах и регулируемым искровым промежутком. После изучения законов отражения и преломления, после установления поляризации и измерения скорости электромагнитных волн он доказал их полную аналогию со световыми. Всё это было изложено в работе «О лучах электрической силы», вышедшей в декабре 1888 г. Этот год считается годом открытия электромагнитных волн и экспериментального подтверждения теории Максвелла. Использование этих открытий дало началу изобретению радио , как отдельной самостоятельной ветки электронной техники.

Датой рождения радио считается 7 мая 1895 года, когда А. С. Попов продемонстрировал первый в мире радиоприёмник (грозоотметчик) на заседании Русского физико-химического общества. Первая публикация сообщения о «разрядоотметчике Попова» сделана Д. А. Лачиновым во втором издании его учебника «Метеорология и климатология» (июль 1895).

 В 1899 построена первая линия связи, протяжённостью 45 км, которая соединяла остров Гогланд и город Котка. В период первой мировой войны начинают применяться электронные лампы и получает развитие приёмник прямого усиления.

В 1890-х годах А. Н. Лодыгин изобретает несколько типов ламп с нитями накала из тугоплавких металлов[9]. Лодыгин предложил применять в лампах нити из вольфрама (именно такие применяются во всех современных лампах) и молибдена и закручивать нить накаливания в форме спирали. Он предпринял первые попытки откачивать из ламп воздух, что сохраняло нить от окисления и увеличивало их срок службы во много раз[10]. Первая американская коммерческая лампа с вольфрамовой спиралью впоследствии производилась по патенту Лодыгина. Также им были изготовлены и газонаполненные лампы (с угольной нитью и заполнением азотом) С конца 1890 х годов появились лампы с нитью накаливания из окиси магния, тория, циркония и иттрия (лампа Нернста) или нить из металлического осмия (лампа Ауэра) и тантала (лампа Больтона и Фейерлейна) В 1904 году венгры Д-р Шандор Юст и Франьо Ханаман получили патент за № 34541 на использование в лампах вольфрамовой нити. Работы Лодыгина, Столетова, Эдиссона, Флеминга и других исследователей привели к созданию в 1904 г. двухэлектрод ной лампы - диода, дав начало второго этапа развития электронной техники.

**2. Второй этап развития электронной техники (до 1948 года)**

Мысль о возможности практического использования "эффекта Эдисона" впервые пришла в голову английскому ученому Флемингу, который в 1904 году создал основанный на этом принципе детектор, получивший название "двухэлектродной трубки", или "диода" Флеминга. Лампа Флеминга представляла собой обычный стеклянный баллон, заполненный разреженным газом. Внутри баллона помещалась нить накала вместе с охватывавшим ее металлическим цилиндром. Нагретый электрод лампы непрерывно испускал электроны, которые образовывали вокруг него "электронное облако". Чем выше была температура электрода, тем выше оказывалась плотность электронного облака. При подключении электродов лампы к источнику тока между ними возникало электрическое поле. Если положительный полюс источника соединяли с холодным электродом (анодом), а отрицательный — с нагретым (катодом), то под действием электрического поля электроны частично покидали электронное облако и устремлялись к холодному электроду. Таким образом между катодом и анодом устанавливался электрический ток. При противоположном включении источника отрицательно заряженный анод отталкивал от себя электроны, а положительно заряженный катод - притягивал.

В этом случае электрического тока не возникало. То есть диод Флеминга обладал ярко выраженной односторонней проводимостью. Будучи включенной в приемную схему, лампа действовала подобно выпрямителю, пропуская ток в одном направлении и не пропуская в обратном, и могла служить таким образом волноуказателем - детектором. Для некоторого повышения чувствительности лампы подавался соответствующим образом подобранный положительный потенциал. В принципе приемная схема с лампой Флеминга почти ничем не отличалась от других радиосхем того времени. Она уступала в чувствительности схеме с детектором магнитного типа, но обладала несравненно большей надежностью.

 Дальнейшим выдающимся достижением в области совершенствования и технического применения электронной лампы стало изобретение в 1907 году американским инженером Де Форестом лампы, содержащей дополнительный третий электрод. Этот третий электрод был назван изобретателем "сеткой", а сама лампа — "аудином", но в практике за ней закрепилось другое название — "триод". Третий электрод, как это видно уже из его названия, был не сплошным и мог пропускать электроны, летевшие от катода к аноду. Когда между сеткой и катодом включался источник напряжения, между этими электродами возникало электрическое поле, сильно влияющее на количество электронов, достигающих анода, то есть на силу тока, текущего через лампу (силу анодного тока). При уменьшении напряжения, подаваемого на сетку, сила анодного тока уменьшалась, при увеличении — возрастала. Если на сетку подавали отрицательное напряжение, анодный ток вообще прекращался — лампа оказывалась "запертой".

Замечательное свойство триода состояло в том, что управляющий ток мог быть во много раз меньше основного — ничтожные изменения напряжения между сеткой и катодом вызывали довольно значительные изменения анодного тока. Последнее обстоятельство позволяло использовать лампу для усиления малых переменных напряжений и открывало перед ней необычайно широкие возможности для практического применения. Появление трехэлектродной лампы повлекло за собой быструю эволюцию радиоприемных схем, так как возникла возможность в десятки и сотни раз усиливать принимаемый сигнал. Многократно возросла чувствительность приемников. Одна из ранних схем лампового приемника была предложена уже в 1907 году тем же Де Форестом. Между антенной и заземлением здесь включен контур LC, на зажимах которого возникает переменное напряжение высокой частоты, образовавшееся под действием энергии, полученной из антенны. Это напряжение подавалось на сетку лампы и управляло колебаниями анодного тока. Таким образом, в анодной цепи получались усиленные колебания принимаемого сигнала, которые могли приводить в движение мембрану телефона, включенного в ту же цепь. Первая трехэлектродная лампа-аудин Де Фореста имела множество недостатков. Расположение электродов в ней было таким, что большая часть электронного потока попадала не на анод, а на стеклянный баллон. Управляющее влияние сетки оказывалось недостаточным. Лампа была плохо откачана и содержала значительное число молекул газа. Они ионизировались и непрерывно бомбардировали нить накала, оказывая на нее разрушительное воздействие.

В 1910 году немецкий инженер Либен создал усовершенствованную электронную лампу-триод, в которой сетка была выполнена в форме перфорированного листа алюминия и помещалась в центре баллона, деля его на две части. В нижней части лампы находилась нить накала, в верхней — анод. Такое расположение сетки позволяло усиливать ее управляющее действие, так как через нее проходил весь электронный поток. Анод в этой лампе имел форму прутика или спирали из алюминиевой проволоки, а катодом служила платиновая нить. Особое внимание Либен обратил на увеличение эмиссионных свойств лампы. В этих целях впервые было предложено покрывать нить накала тонким слоем окисла кальция или бария. Кроме того, в баллон вводились ртутные пары, которые создавали дополнительную ионизацию и увеличивали тем самым катодный ток. Итак, электронная лампа сначала вошла в обиход в качестве детектора, потом — усилителя. Но ведущее место в радиотехнике она завоевала только после того, как была обнаружена возможность использовать ее для генерирования незатухающих электрических колебаний.

 Самый первый ламповый генератор создал в 1913 году замечательный немецкий радиотехник Мейсснер. На основе триода Либена он построил также первый в мире радиотелефонный передатчик и в июне 1913 года осуществил радиотелефонную связь между Науэном и Берлином на расстоянии 36 км.

В 1916 году М. А. Бонч-Бруевич изготовил первую в России катодную лампу; подготовил первое русское пособие по электротехнике.

В 1918 году М. А. Бонч-Бруевич предложил схему переключающего устройства, имеющего два устойчивых рабочих состояния, под названием «катодное реле». Это устройство впоследствии было названо триггером.

В 1919 году в Нижегородской радиолаборатории он сделал доклад, опубликованный затем в журнале «Радиотехник» № 7: «Основания технического расчёта пустотных катодных реле малой мощности», в которой излагалась разработанная М. А. Бонч-Бруевичем теория расчёта триода, ставшая основой теории электронных ламп и получившая позже название «теория Бонч-Бруевича — Баркгаузена».Под руководством М. А. Бонч-Бруевича с весны 1919 года в Нижнем Новгороде было налажено серийное производство приёмно-усилительных ламп[7]. Выпускалось до 1000 штук ламп в год. В начале 1920-х годов в Нижегородской лаборатории под руководством М. А. Бонч-Бруевича велись исследования методов радиотелефонирования. 15 января 1920 года был произведён первый успешный опыт радиотелефонной передачи из Нижнего Новгорода в Москву. В целях обеспечения постановления Совнаркома о создании центральной телеграфной станции с радиусом действия в 2000 вёрст М. А. Бонч-Бруевич в 1922 году предложил оригинальное конструкторско-техническое решение мощной генераторной лампы[.8] .

Под его руководством проектировалась и в 1922 году была построена в Москве первая мощная радиовещательная станция (см. Шуховская башня), начавшая свою работу в августе 1922 года — Московская центральная радиотелефонная станция[9], имевшая мощность 12 кВт. В 1922 году им была изготовлена лабораторная модель радиотехнического устройства для передачи изображения на расстоянии, названная им радиотелескопом[10].

В 1924 г. Хеллом разработана экранированная лампа с двумя сетками (тетрод) и в 1930 г. лампа с тремя сетками (пентод);

5 октября 1924 года профессор М. А. Бонч-Бруевич на научно-технической беседе в Нижегородской радиолаборатории сообщил об изобретённом им новом способе телефонирования, основанном на изменении периода колебаний. Демонстрация частотной модуляции производилась на лабораторной модели[11]. Продолжая заниматься совершенствованием генераторных передающих радиоламп и добиваясь повышения их мощности, М. А. Бонч-Бруевичу с сотрудниками удалось в 1924 году разработать и изготовить уникальные для того времени радиолампы мощностью 100 кВт

 Впервыеэлектронно-лучевую трубку Брауна в 1921 г. использовал российский инженер Борис Львович Розинг (1869—1933). Передатчиком служило механическое устройство — диск Нипкова. Так родилось телевидение. диод транзистор интегральный микросхема

 В технике приходится иметь дело с физическими величинами, которые могут меняться сотни и тысячи раз в секунду. Уследить за ними человек не способен. И здесь на помощь пришли *осциллографы* (от *лат.* oscillo— «качаюсь» и *греч.* «графо» — «пишу») — приборы, умеющие рисовать с помощью электронного луча. Осциллограф позволяет изучать форму сигнала, измерять его длительность, амплитуду, частоту следования отдельных импульсов и т. д.

 Неэлектрические величины — давление, температура, скорость, ускорение — предварительно преобразуются в электрическое напряжение. Оно подаётся на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки и заставляет электронный луч рисовать на экране линии, воспроизводящие изменения исследуемой величины.

 На экран осциллографического прибора обычно наносится сетка с делениями, помогающая исследователю судить о величине и длительности сигнала.

 Создание чисто электронного телевидения оказалось исключительно сложным делом. Разработать электронно-лучевые трубки для передачи и приёма телевизионного изображения удалось лишь через три с лишним десятилетия после изобретения Брауна. Автором первых конструкций передающей трубки — иконоскопа и приёмной трубки — кинескопа стал русский инженер В. К. Зворыкин.

 Следует так же отметить работы Дж.Дж. Томпсона, выполненные в 1926/27 годах. Томпсон полагал, что основной причиной зажигания разряда является магнитное поле соленоида, и поэтому в качестве величины, определяющей зажигание разряда, он ввел произведение напряженности магнитного поля на радиус вакуумной трубки. В качестве критерия возникновения разряда Томпсон принимает условие, что кинетическая энергия электрона должна быть больше потенциала ионизации атомов газа. Томпсоном также впервые был предсказан и объяснен ход процесса зажигания высокочастотного разряда в зависимости от давления

 В1928 году Дж. Таунсенд привел веские доказательства того, что разряд может быть вызван не магнитным, а электрическим полем индуктора, и предсказал, что геометрия этого поля сформирует кольцевую форму разряда. Принципиальная разница в точках зрения на природу разряда двух авторитетных ученых привлекла к технической и теоретической разработке этого вопроса многочисленных исследователей по обе стороны океана. И уже в 1929—34 годы было доказано, что обе формы разряда имеют место: как электрического, так и индукционного типа (Е-разряд и Н-разряд, соответственно). К. Мак-Киннон в своих исследованиях воспроизвел разряды Томпсона и Таунсенда. Используя генератор высокочастотных затухающих колебаний (схема Томпсона) и ламповый генератор незатухающих колебаний (схема Таунсенда), он показал, что разряд действительно возникает под действием электрического поля соленоида в виде слабого свечения вдоль стенок трубки. При увеличении амплитуды высокочастотных колебаний свечение становится ярче и возникает кольцевой разряд. Зажигание безэлектродного разряда всегда происходит за счет электрического поля индуктора, напряженность которого может быть в 30 раз выше напряженности индуцированного поля. Поле индуктора создает первоначальную ионизацию газа, которая по мере увеличения амплитуды высокочастотных колебаний усиливается, увеличивая проводимость разряда. До тех пор пока проводимость газа мала, разряд прозрачен для магнитного поля и оно не может передать ему свою энергию. Но как только проводимость с усилением электрического поля достигает некоторого критического значения, «магнитная энергия» индуктора начинает выделяться, появляется кольцевой ток и возникает безэлектродный разряд в виде яркого свечения индукционно-связанной плазмы. При этом напряжение на индукторе резко падает и электростатическая составляющая разряда гаснет.

Советский радиофизик Рожанский в 1932 г. предложил создать приборы с модуляцией электронного потока по скорости. По его идее Арсеньев и Хейль в 1939 г. построили первые приборы для усиления и генерации колебаний СВЧ (сверх высокие частоты). Большое значение для техники дециметровых волн имели работы Девяткова, Хохлова, Гуревича, которые в 1938 – 1941 годах сконструировали триоды с плоскими дисковыми электродами. По этому же принципу в Германии были изготовлены металлокерамические лампы, а в США маячковые лампы.

 Созданные в 1943г. Компфнером лампы бегущей волны(ЛБВ) обеспечили дальнейшее развитие СВЧ систем радиорелейной связи. Для генерации мощных СВЧ колебаний в 1921 г. был предложен магнетрон, его автор Хелл. По магнетрону исследования проводили русские ученые – Слуцкий, Грехова, Штейнберг, Калинин, Зусмановский, Брауде, в японии – Яги, Окабе. Современные магнетроны берут свое начало в 1936 – 1937 годах, когда по идее Бонч–Бруевича его сотрудники, Алексеев и Моляров, разработали многорезонаторные магнетроны.

В 1934 году сотрудники центральной радиолаборатории, Коровин и Румянцев, провели первый эксперимент по применению радиолакации и определению летящего самолета. В 1935 г. теоретические основы радиолакации были разработаны в Ленинградском физико–техническом институте Кобзаревым. Одновременно с разработкой вакуумных электроприборов, на втором этапе развития электроники, создавались и совершенствовались газоразрядные приборы.

В 1918 г. в результате исследовательской работы доктора Шретера немецкая фирма "Пинтш" выпустила первые промышленные лампы тлеющего разряда на 220 В. начиная с 1921 года голландская фирма Philips выпустила первые неоновые лампы тлеющего разряда на 110 В. В США первые миниатюрные неоновые лампы появились в 1929 г.

В 1930 году Ноулз впервые опубликовал описание неоновой лампы тлеющего разряда, в которой возникновение разряда между анодом и катодом вызывается третьим электродом. Первый тиратрон тлеющего разряда (рис. 4), который нашел широкое применение, сконструировал в 1936 году изобретатель фирмы "Белл Телефон". В то время он именовался "Лампа – 313А". В этом же году другой изобретатель – Витли, предложил свою конструкцию тиратрона. Где с помощью тока ( Ic ) управляющего электрода (с) создается необходимый начальный уровень концентрации электронов и ионов, в вакуумном промежутке анод – катод. Этот уровень обеспечивает появление тлеющего разряда. Этот же эффект используется в декатроне, предложенном фирмой "Эриксон". Декатрон представляет собой десятикатодный переключатель (рис. 5), состоящий из одного анода (А) и десяти катодов (К1, К2, К3…, К10) и расположенных между катодами подкатодов (1, 2). Заряд переносится с одного катода на другой путем последовательной подачи пар управляющих импульсов на подкатоды. Пусть существует тлеющий заряд между катодом К1 и анодом А, если потенциал подкатода 1 будет ниже, чем К1 заряд перекинется на подкатод 1. Подавая отрицательный импульс на подкатод 1 и следом на 2, переносят заряд на К1 и К2.

Первый советский тиратрон тлеющего разряда был разработан в 1940 году в лаборатории завода "Светлана". По своим параметрам он был близок к параметрам фирмы "RCA". Свечение, сопровождающее газовый разряд, стали использовать в знаковых газоразрядных индикаторах: при подаче напряжения на тот или иной катод (знак) возникает светящееся изображение.

В 30–е годы были заложены основы радиотелевидения. Первые предложения о специальных передающих трубках сделали независимо друг от друга Константинов и Катаев. Подобные же трубки названные иконоскопами построил в США Владимир Константинович Зворыкин. В 1912 г. он окончил Петербургский экономический институт. В 1914 г. колледж "Де Франс" в Париже. В 1917 эмигрировал в США. В 1920 г. поступил в фирму "Вестингаус Электрик". В 1929 г. возглавил лабораторию американской радиокорпорации "Камдем и Пристон". В 1931 г. Зворыкин создал первый иконоскоп – передающую трубку, которая сделала возможным развитие электронных телевизионных систем. В 1933 г. Шмаков и Тимофеев предложили более чувствительные передающие трубки – супериконоскоп. Позволивший вести телевизионные передачи без сильного искусственного освещения. Шмаков родился в 1885 г., в 1912 г. закончил МГУ, работал (1924–30 гг.) в МВТУ, (1930–32 гг.) работал в МЭИ, в 1933 изобрел супериконоскоп, (1935 – 37 гг.) заведовал лабораторией в Всесоюзном НИИ телевидения в Ленинграде. Тимофеев родился в 1902 г., в 1925 г. закончил МГУ, (1925–28 гг.) работал в МВТУ, в 1933 г. вместе со Шмаковым изобрел иконоскоп. Остальные труды относились к области: фотоэффекта, вторичной электронной эмиссии, разрядов в газах, электронной оптики. Разработал конструкции электронных умножителей, электронно–оптических преобразователей.

В 1939 г. советский ученый Брауде предложил идею создания еще более чувствительной передающей трубки названной суперортикон. К 1930 годам относятся первые эксперименты с очень простыми передающими устройствами получившими название видикон. Идея создания видикона была выдвинута Чернышевым в 1925 году. Первые практические образцы видиконов появились в США в 1946 г.

 Иконоскоп представляет собой электроннолучевую трубку в которой с помощью электронного луча и светочувствительной мозаики происходит преобразование световой энергии в электрические видеоимпульсы.

 В эти годы были получены экспериментальные данные по зажиганию высокочастотного разряда в воздухе, кислороде, азоте, аргоне, гелии и неоне. После выяснения природы высокочастотного безэлектродного разряда и создания основных приборов для его получения, интерес к нему был потерян на длительное время. Эксперименты проводились на сравнительно маломощных (десятки ватт) установках, и о практическом применении этих разрядов речи не шло. Только в шестидесятых годах, когда начались разработки плазменных технологий для энергетики, разряд с индукционно-связанной плазмой был применен в качестве исключительно стабильного и спектрально-чистого источника света в атомно-эмиссионной спектроскопии.

СВЧ-диапазон – частотный диапазон электромагнитного излучения (100 – 300000 МГц), расположенный в спектре между телевизионными частотами и частотами инфракрасной области. Этот частотный диапазон соответствует длинам волн от 30 см до 1 мм; поэтому его называют также диапазоном дециметровых и сантиметровых волн. На указанных частотах время пролёта электронов становится соизмеримым с периодом усиливаемых колебаний. Все рабочие параметры в лампах значительно ухудшаются из-за влияния инерции электронов, междуэлектродных ёмкостей и индуктивностей вводов. Поэтому для СВЧ необходимы такие конструкции ламп, в которых были бы по возможности уменьшены: время пролёта электронов от катода до управляющей сетки и анода, все междуэлектродные ёмкости, все индуктивности вводов и, кроме того, в качестве изолирующих материалов были бы применены диэлектрики с малыми диэлектрическими потерями. Чтобы выполнить эти требования в лампах для СВЧ применяются системы малых по размерам электродов с очень маленькими междуэлектродными расстояниями

В 1935 г. были разработаны лампы типа «жолудь»; в 1938 г. – металлокерамические триоды, в которых все изолятоpы выполнены из кеpамики, а стекло в констpукции отстуствует; в 1944 г. — маячковые лампы.

Одновременно с развитием радиоэлектроники, телевидения и эектронновакуумных компонентов учеными велась разработка приборов на свойствах твердых полупроводниковых тел, что отразилось на третьем этапе развития электронной техники.

В настоящее время электровакуумные приборы занимают значительную нишу в ряду существующих классов приборов электроники и работают в области высоких уровней мощностей (106-1011 Вт) и частот (108-1012 Гц).

**3. Третий этап развития электронной техники (с 1948 по 1960)**

Этиот период характеризуется бурным развитием твердотельной электроники на основе полупроводников. Исследование и первые попытки создания полупроводниковых приборов проводились еще в 1920-30-х годах. В 1924 году в Нижегородской радиолаборатории ученый О.В. Лосев создал полупроводниковый детектор-усилитель и детектор-генератор электромагнитных излучений на частоты до десятков МГц. На этой основе впервые в мире было создано детекторное приемопередаточное устройство — кристадин[1].

Позже в для развития отрасли были созданы научно-исследовательские институты и центры. В 1956 году введен в эксплуатацию Завод полупроводниковых приборов. Среди продукции завода на то время – пальчиковые лампы широкого применения и сверхминиатюрные стержневые лампы, первые полупроводниковые диоды.

Третий период развития электроники – это период создания и внедрения дискретных полупроводниковых приборов, начавшийся с изобретения точечного транзистора. В 1946 году при лаборатории "Белл Телефон" была создана группа во главе с Уильямом Шокли, проводившая исследования свойств полупроводников на Кремнии (Sc) и Германии (Ge) [Литература: Дж. Грик "Физика XX в. Ключевые эксперименты", М. 1978 г.] Группа проводила как теоретические, так и экспериментальные исследования физических процессов на границе раздела двух полупроводников с различными типами электрической проводимости. В итоге были изобретены: трехэлектродные полупроводниковые приборы – транзисторы. В зависимости от количества носителей заряда транзисторы были разделены на: униполярные (полевые), где использовались однополярные носители.

Биполярные, где использовались разнополярные носители (электроны и дырки).

Идеи создания полевых транзисторов появились раньше, чем биполярных, но практически реализовать эти идеи не удавалось.

Успех был достигнут 23 декабря 1947 г. сотрудниками лаборатории "Белл Телефон"– Бардиным и Браттейном, под руководством Шокли. Бардин и Браттейн в результате многочисленных вариантов получили работающий полупроводниковый прибор. Информация об этом изобретении появилась в журнале "The Physical Review" в июле 1948 года

 Устройство изобретенное Бардиным и Браттейном было названо точечным транзистором типа А Поэтому создатели нового прибора назвали его сокращенно – транзистором (в пер. с английского – "преобразователь сопротивления").

Изобретение плоскостного биполярного транзистора.

Одновременно, в период апрель 1947 – январь 1948 г., Шокли опубликовал теорию плоскостных биполярных транзисторов. Рассмотрев полупроводниковые выпрямительные устройства из кристаллов полупроводника, имеющего переход между областями p- и n- типа.

Такое устройство, называемое плоскостным полупроводниковым выпрямителем, обладает малым сопротивлением, когда р-область – положительна по отношению к n-области. Характеристики плоскостного выпрямителя можно точно определить теоретически. По сравнению с точечным, плоскостной выпрямитель допускает большую нагрузку т.к. площадь контакта можно сделать достаточно большой. С другой стороны с увеличением площади растет шунтирующая контактная емкость. Далее Шокли рассмотрел теорию плоскостного транзистора из кристалла полупроводника, содержащего два p-n перехода Положительная р-область является эмиттером, отрицательная р-область коллектором, n-область представляет собой базу. Таким образом вместо металлических точечных контактов используются две p-n области. В точечном транзисторе два металлических точечных контакта необходимо было располагать очень близко друг к другу, и в плоскостном транзисторе оба перехода должны располагаться очень близко друг к другу. Область базы очень тонкая – менее 25 мкм. Плоскостные транзисторы обладают рядом преимуществ перед точечными: они более доступны теоретическому анализу, обладают более низким уровнем шумов, обеспечивают большую мощность. Для нормальной работы транзистора, как усилителя, необходимо чтобы на эмиттер было подано прямое, а на коллектор обратное смещение, по отношению к базе. Для p-n-p транзистора условие соответствует – положительному эмиттеру и отрицательному коллектору. Для n-p-n – обратные полярности т.е. отрицательный эмиттер и положительный коллектор.

 Изобретение транзисторов явилось знаменательной вехой в истории развития электроники и поэтому его авторы Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли были удостоины нобелевской премии по физике за 1956 г.

Появление транзисторов – это результат кропотливой работы десятков выдающихся ученых и сотен виднейших специалистов, которые в течении предшествующих десятилетий развивали науку о полупроводниках. Среди них были не только физики, но и специалисты по электронике, физхимии, материаловедению.

Начало серьезных исследований относится к 1833 году, когда Майкл Фарадей работая с сульфидом серебра обнаружил, что проводимость полупроводников растет с повышением температуры, в противоположность проводимости металлов, которая в этом случае уменьшается.

В конце XIX века были установлены три важнейших свойства полупроводников: Появление ЭДС при освещении полупроводника.

Рост электрической проводимости полупроводника при освещении. Выпрямляющее свойство контакта полупроводника с металлом.

В 20-е годы ХХ в. выпрямляющие свойства контакта полупроводников с металлом начали практически использовать в радиотехнике. Радиоспециалисту из Нижегородской радиотехнической лаборатории Олегу Лосеву в 1922 году удалось применить выпрямляющее устройство на контакте стали с кристаллом цинкита в качестве детектора, в детекторном приемнике под названием "Кристадин

 Первый образец кристадина был изготовлен Лосевым в 1923 году. В это время в Москве начала работать центральная радиотелефонная станция, передачи которой можно было принимать на простые детекторные приемники только вблизи столицы. Кристадин Лосева позволял не только увеличить дальность приема радиостанции, но был проще и дешевле. Интерес к кристадину в то время был огромный. "Сенсационное изобретение" – под таким заголовком американский журнал "Radio News" напечатал в сентябре 1924 г. редакционную статью посвященную работе Лосева. "Открытие Лосева делает эпоху", – писал журнал, выражая надежду, что сложную электровакуумную лампу вскоре заменит кусочек цинкита или другого вещества простого в изготовлении и применении.

 Продолжая исследование кристаллических детекторов, Лосев открыл свечение карборунда при прохождении через него электрического тока. Спустя 20 лет это же явление было открыто американским физиком Дестрио и получило название электролюминесценции. Важную роль в развитии теории полупроводников в начале 30-х годов сыграли работы проводимые в России под руководством академика А.Ф. Иоффе. В 1931 году он опубликовал статью с пророческим названием: "Полупроводники – новые материалы электроники". Немалую заслугу в исследование полупроводников внесли советские ученые – Б.В. Курчатов, В.П. Жузе и др. В своей работе – "К вопросу об электропроводности закиси меди", опубликованной в 1932 году, они показали, что величина и тип электрической проводимости определяется концентрацией и природой примеси. Немного позднее, советский физик – Я.Н. Френкель создал теорию возбуждения в полупроводниках парных носителей заряда: электронов и дырок. В 1931 г. англичанину Уилсону удалось создать теоретическую модель полупроводника, основанную на том факте, что в твердом теле дискретные энергетические уровни электронов отдельных атомов размываются в непрерывные зоны, разделенные запрещенными зонами (значениями энергии, которые электроны не могут принимать) – "зонная теория полупроводников".

В 1938 г. Мотт в Англии, Давыдов в СССР, Вальтер Шоттки в Германии сформулировали, независимо, теорию выпрямляющего действия контакта металл-полупроводник. Эта обширная программа исследований, выполняемая учеными разных стран и привела к экспериментальному созданию сначала точечного, а затем и плоскостного транзистора.

 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 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 возобновились после войны, когда в середине 1945 г. Шокли вернулся в "BTL", а в 1946 г. туда же пришел Бардин.

 В 1952 г. Шокли описал униполярный(полевой) транзистор с управляющим электродом, состоящим из обратно смещенного p-n – перехода. Предложенный Шокли полевой транзистор состоит из полупроводникового стержня n-типа (канал n-типа) с омическими выводами на торцах. В качестве полупроводника использован кремний(Si). На поверхности канала с противоположных сторон формируется p-n-переход, таким образом, чтобы он был параллелен направлению тока в канале Точное описание процессов в полевом транзисторе представляет определенные трудности. Поэтому, Шокли предложил упрощенную теорию униполярного транзистора в основном объясняющую свойства этого прибора.

 В 1963 г. Хофштейн и Хайман описали другую конструкцию полевого транзистора, где используется поле в диэлектрике, расположенном между пластиной полупроводника и металлической пленкой. Такие транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник называются МДП-транзисторы. В период с 1952 по 1970 гг. полевые транзисторы оставались на лабораторной стадии развития. Три фактора способствовали стремительному развитию полевых транзисторов в 70-е годы:

1) Развитие физики полупроводников и прогресс в технологии полупроводников, что позволило получить приборы с заданными характеристиками.

2) Создание новых технологических методов, таких как тонкопленочные технологии для получения структуры с изолированным затвором.

3) Широкое внедрение транзисторов в электрическое оборудование.

Ускоренная разработка и производство транзисторов развернулись в США в кремниевой долине, расположенной в 80-ти км от Сан-Франциско. Возникновение кремниевой долины связывают с именем Ф. Термена – декана инженерного факультета Стенфордского университета, когда его студенты Хьюлетт, Паккард и братья Вариан создали фирмы, прославившие их имена во время второй мировой войны.

 Бурное развитие кремниевой долины началось, когда Шокли покинул "BTL" и основал собственную фирму по производству кремниевых транзисторов при финансовой помощи питомца Калифорнийского политехнического института А. Беккмана. Его фирма начала работу осенью 1955 г., как отделение фирмы "Beckman Instruments" в армейских казармах Паоло-Алто. Шокли пригласил 12 специалистов (Хорсли, Нойс, Мур, Гринич, Робертс, Хорни, Ласт, Джонс, Клейнер, Блэнк, Нэпик, Са). В 1957 г. фирма изменила свое название на "Shockly Transistor Corporation".

Вскоре 8 специалистов (Нойс, Мур, Гринич, Робертс, Хорни, Ласт, Клейнер, Блэнк) договорились с Беккманом и создали отдельную самостоятельную фирму "Fairchild Semiconductor Corporation" в основе деятельности, которой лежало массовое производство высококачественных кремниевых биполярных транзисторов. В качестве первого изделия был выбран в 1957 г. кремниевый n-p-n мезатранзистор с двойной диффузией типа 2N696. Он требовал всего лишь два процесса фотолитографии для создания эмиттера и металлических контактов. Термин мезатранзистор был предложен Эрли из "BTL". Введя дополнительную операцию фотолитографии, Хорни заменил мезаструктуру коллектора диффузионным карманом и закрыл место пересечения эмиторного и коллекторного переходов с поверхностью термическим оксидом(1000 oС). Технологию таких транзисторов Хорни назвал планарным процессом. В 1961 г. был начат крупносерийный выпуск двух планарных кремниевых биполярных транзисторов 2N613(n-p-n), 2N869(p-n-p).

Институт полупроводниковых материалов и оборудования (США) составил генеалогическое дерево и первые ветви отпочкованные от фирмы Shockley выглядят так: Ласт и Хорни в 1961 году основали Amelco, которая позже превратилась в Teledyne Semiconductor. Хорни в 1964 году создал Union Corbide Electronics, в 1967 году – Intersil. Ежегодно создавалось по четыре фирмы, и за период с 1957 по 1983 г. в кремниевой долине было создано более 100 фирм. Рост продолжается и сейчас. Он стимулируется близостью Стенфордского и Калифорнийского университета и активным участием их сотрудников в деле организации фирм

 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. Транзисторы способные генерировать и усиливать электрические колебания с частотой в десятки и сотни МГц появились значительно позже – это были транзисторы типа П401 – 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.

**4. Четвертый этап развития электронной техники (с 1960 года)**

Требования миниатюризации электро-радиоэлементов со стороны разработчиков радиоаппаратуры привили к моменту создания все более мелких элементов и применению технологий ведущих к миниатюризации техники и оборудования.

 С появлением биполярных полевых транзисторов начали воплощаться идеи разработки малогабаритных ЭВМ. На их основе стали создавать бортовые электронные системы для авиационной и космической техники. Так как эти устройства содержали тысячи отдельных ЭРЭ(электро-радиоэлементов) и постоянно требовалось все большее и большее их увеличение, появились и технические трудности. С увеличением числа элементов электронных систем практически не удавалось обеспечить их работоспособность сразу же после сборки, и обеспечить, в дальнейшем, надежность функционирования систем.

Даже опытные сборщики и наладчики ЭВМ допускали несколько ошибок на 1000 спаек. Разработчики предполагали новые перспективные схемы, а изготовители не могли запустить эти схемы сразу после сборки т.к. при монтаже не удавалось избежать ошибок, обрывов в цепи за счет не пропаев, и коротких замыканий. Требовалась длинная и кропотливая наладка. Проблема качества монтажно-сборочных работ стало основной проблемой изготовителей при обеспечении работоспособности и надежности радиоэлектронных устройств. Решение проблемы межсоединений и явилось предпосылкой к появлению микроэлектроники. Прообразом будущих микросхем послужила печатная плата, в которой все одиночные проводники объединены в единое целое и изготавливаются одновременно групповым методом путем стравливания медной фольги с плоскостью фольгированного диэлектрика.

Единственным видом интеграции в этом случае являются проводники. Применение печатных плат хотя и не решает проблемы миниатюризации, однако решает проблему повышения надежности межсоединений. Технология изготовления печатных плат не дает возможности изготовить одновременно другие пассивные элементы кроме проводников. Именно поэтому печатные платы не превратились в интегральные микросхемы в современном понимании. Первыми были разработаны в конце 40-х годов толстопленочные гибридные схемы, в основу их изготовления была положена уже отработанная технология изготовления керамических конденсаторов, использующая метод нанесения на керамическую подложку через трафареты паст, содержащих порошок серебра и стекла.

 Переход к изготовлению на одной подложке нескольких соединенных между собой конденсаторов, а затем соединение их с композиционными резисторами, наносимыми также с помощью трафарета, с последующим вжиганием привело к созданию гибридных схем, состоящих из конденсаторов и резисторов. Вскоре в состав гибридных схем были включены и дискретные активные и пассивные компоненты: навесные конденсаторы, диоды и транзисторы. В дальнейшем развитии гибридных схем навесным монтажем были включены сверхминиатюрные электровакуумные лампы. Такие схемы получили название толстопленочные гибридные интегральные микросхемы (ГИС). Тонкопленочная технология производства интегральных микросхем включает в себя нанесение в вакууме на гладкую поверхность диэлектрических подложек тонких пленок различных материалов(проводящих, диэлектрических, резистивных).

В 60-е годы огромные усилия исследователей были направлены на создание тонкопленочных активных элементов. Однако надежно работающих транзисторов с воспроизводимыми характеристиками никак не удавалось получить, поэтому в тонкопленочных ГИС продолжают использовать активные навесные элементы. К моменту изобретения интегральных микросхем из полупроводниковых материалов уже научились изготавливать дискретные транзисторы и резисторы. Для изготовления конденсатора уже использовали емкость обратно смещенного p-n перехода. Для изготовления резисторов использовались омические свойства кристалла полупроводника. На очереди стояла задача объединить все эти элементы в одном устройстве.

Развитие микроэлектроники определяется уровнем достигнутой микротехнологии. При планарной технологии требуется обеспечить возможность создания рисунка тонких слоев из материала с различными электрическими характеристиками, чтобы получить электронную схему. Важная особенность планарной технологии заключается в ее групповом характере: все интегральные схемы (ИС) на пластине изготавливают в одном технологическом цикле, что позволяет одновременно получать несколько полупроводниковых схем.

В 1960 году Роберт Нойс из фирмы Fairchild предложил и запатентовал идею монолитной интегральной схемы (Патент США 2981877) и применив планарную технологию изготовил первые кремниевые монолитные интегральные схемы. В монолитной интегральной схеме планарные диффузионные биполярные кремниевые транзисторы и резисторы соединены между собой тонкими и узкими полосками алюминия, лежащими на пассивирующем оксиде. Алюминиевые соединительные дорожки изготавливаются методом фотолитографии, путем травления слоя алюминия напыленного на всю поверхность оксида. Такая технология получила название – технология монолитных интегральных схем. Одновременно Килби из фирмы Texas Instruments изготовил триггер на одном кристалле германия, выполнив соединения золотыми проволочками. Такая технология получила название – технология гибридных интегральных схем. Апелляционный суд США отклонил заявку Килби и признал Нойса изобретателем монолитной технологии с оксидом на поверхности, изолированными переходами и соединительными дорожками на оксиде, вытравленными из осажденного слоя алюминия методом фотолитографии. Хотя очевидно, что и триггер Килби является аналогом монолитной ИМС.

Семейство монолитных транзисторно-транзисторных логических элементов с четырьмя и более биполярными транзисторами на одном кристалле кремния было выпущено фирмой Fairchild уже в феврале 1960 года и получило название "микрологика". Планарная технология Хорни и монолитная технология Нойса заложили в 1960 году фундамент развития интегральных микросхем, сначала на биполярных транзисторах, а затем 1965–85 гг. на полевых транзисторах и комбинациях тех и других. Малый разрыв во времени между идеей и серийным производством интегральных микросхем объясняется оперативностью разработчиков. Так в 1959 году Хорни проводя многочисленные опыты, сам отрабатывал технологию окисления и диффузии кремниевых пластин, чтобы найти оптимальную глубину диффузии бора и фосфора, и условия маскирования оксидом. Одновременно Нойс в темной комнате, по вечерам, в выходные дни упорно наносит и экспонирует фоторезист на множестве кремниевых пластин с оксидом и алюминием в поисках оптимальных режимов травления алюминия. Гринич лично работает с приборами, снимая характеристики транзисторов и интегральных микросхем. Когда нет прецедента и опытных данных кратчайших путь к практической реализации – "сделай сам". Путь, который и выбрала четверка пионеров – Гринич, Хорни, Мур, Нойс.

Два директивных решения принятых в 1961–1962 гг. повлияли на развитие производства кремниевых транзисторов и ИС.

Решение фирмы IBM(Нью-Йорк) по разработке для перспективной ЭВМ не ферромагнитных запоминающих устройств, а электронных ЗУ (запоминающих устройств) на базе n-канальных полевых транзисторов(металл-окисел-полупроводник – МОП). Результатом успешного выполнения этого плана был выпуск в 1973 г. универсальной ЭВМ с МОП ЗУ – IBM- 370/158.

Директивные решения фирмы Fairchild предусматривающие расширение работ в полупроводниковой научно-исследовательской лаборатории по исследованию кремниевых приборов и материалов для них. Мур, Нойс и Гринич из фирмы Fairchild привлекли в 1961 г. для вербовки молодых специалистов преподавателя Иллинойского университета – Са, который читал там курс физики полупроводников Бардина. Са завербовал специалистов, только что, закончивших асперантуру Это были Уэнлесс, Сноу – специалисты по физике твердого тела, Эндрю Гроув – химик, окончивший университет в Беркли, Дил – химик-практик.

 Проект по физике приборов и материалам ввели Дил, Гроув и Сноу. Проект по схемным применениям ввел Уэнлесс. Результаты исследований этой четверки до сих пор используются в технологии СБИС.

 В июле 1968 г. Гордон Мур и Роберт Нойс уходят из отделения полупроводников фирмы Fairchild и 28 июня 1968 года организуют крохотную фирму Intel из двенадцати человек, которые арендуют комнатку в Калифорнийском городе Маунтин Вью. Задача, которую поставили перед собой Мур, Нойс и примкнувший к ним специалист по химической технологии – Эндрю Гроув, использовать огромный потенциал интеграции большого числа электронных компонентов на одном полупроводниковом кристалле для создания новых видов электронных приборов История создания электронных запоминающих устройств берет начало с изобретения в 1967 г. Диннардом из IBM однотранзисторной динамической запоминающей ячейки для ЗУ с произвольной выборкой (ДЗУПВ).

Это изобретение оказало сильное и длительное влияние на электронную промышленность текущего времени и отдаленного будущего. Его влияние по общему признанию сравнимо с изобретением самого транзистора. В ячейке объединены один ключ на МОППТ и один конденсатор. МОППТ служит переключателем для заряда(записи) и разряда(считывания). К 1988 г. выпуск таких ячеек занял первое место по количеству из всех искусственных объектов на нашей планете. Са прогнозировал на начало XXI века годовой выпуск этих ячеек 1020 шт.

Появление интегральных микросхем сыграла решающую роль в развитие электроники положив начало новому этапу микроэлектроники. Микроэлектронику четвертого периода называют схематической, потому что в составе основных базовых элементов можно выделить элементы эквивалентные дискретным электро-радиоэлементам и каждой интегральной микросхеме соответствует определенная принципиальная электрическая схема, как и для электронных узлов аппаратуры предыдущих поколений.

 Особое значение для массового производства микросхем представляет метод проектирования микросхем, разработанный Деннардом из фирмы IBM. В 1973 г. Деннард и его коллеги показали, что размеры транзистора можно уменьшать без ухудшения его ВАХ(вольт-амперных характеристик). Этот метод проектирования получил название закон масштабирования.

 Интегральные микросхемы стали называться микроэлектронные устройства, рассматриваемые как единое изделие, имеющее высокую плотность расположения элементов эквивалентных элементам обычной схемы. Усложнение, выполняемых микросхемами функций, достигается повышением степени интеграции.

Развитие серийного производства интегральных микросхем шло ступенями:

1960 – 1969гг. – интегральные схемы малой степени интеграции, 102 транзисторов на кристалле размером 0,25 x 0,5 мм (МИС).

1969 – 1975гг. – интегральные схемы средней степени интеграций, 103 транзисторов на кристалле (СИС).

1975 – 1980гг. – интегральные схемы с большой степенью интеграции, 104 транзисторов на кристалле (БИС).

1980 – 1985гг. – интегральные микросхемы со сверх большой степенью интеграции, 105 транзисторов на кристалле (СБИС).

С 1985г. – интегральные микросхемы с ультрабольшой степенью интеграции, 107 и более транзисторов на кристалле (УБИС).

 Переход от МИС до УБИС происходил на протяжении четверти века. В качестве параметра количественно иллюстрирующего этот процесс используют ежегодное изменение числа элементов n размещаемых на одном кристалле, что соответствует степени интеграции. По закону Мура число элементов на одной ИС каждые три года возрастает в 4 раза. Наиболее популярны и прибыльны оказались логические кристаллы высокой плотности – микропроцессоры фирмы Intel и Motorolla.

 В 1981– 1982 годах прогресс интегральных микросхем СБИС стимулировался наличием технологии литографии(электронно-лучевая, рентгеновская и на глубоком ультрафиолете от эксимерного лазера) и наличием производственного оборудования. Уже в 1983 г. как отметил Мур(на международной конференции) ввиду образования излишних производственных мощностей, как в США так и в Азии, прогресс в развитии микроэлектроники стал определяться только ситуацией на рынке. Так уже в 1985 – 1987 годах 80% всех ДЗУПВ в США поставляет уже Япония, так как им удалось усовершенствовать технологию и снизить цены.

**5. Пятый этап развития электронной техники**

 Современный или закат эпохи кремния. В передовых областях современной электроники, как разработка и производство процессоров, где размер и скорость полупроводниковых элементов стали играть решающую роль, развитие технологий использования кремния практически подошло к своему физическому пределу. В последние годы улучшение производительности интегральных схем, достигающееся путем наращивания рабочей тактовой частоты и увеличения количества транзисторов.

С увеличением скорости переключения транзисторов, их тепловыделение усиливается по экспоненте. Это остановило в 2005 году максимальную тактовую частоту процессоров где-то в районе 3 ГГц и с тех пор увеличивается лишь «многоядерность», что собственно по сути является топтанием на месте.

Небольшие подвижки есть лиши в количественной интеграции полупроводниковых элементов в одном чипе путем уменьшения их физических размеров – переход на более тонкий технологический процесс. По состоянию на 2009-11 годы во всю использовалась технология в 32 нм при которой длина канала транзистора составляет всего 20 нм. Переход на более тонкий технологически процесс 16 нм началась лишь в 2014 году.

Быстродействие транзисторов по мере их уменьшения растет, но уже не возможен рост тактовой частота ядра процессора, как было до 90 нм технологического процесса. Это говорит лишь о тупике развития кремниевых технологий, хотя они будут использоваться по меньшей мере еще столетие, если конечно не будет осуществлена перезагрузка седьмого цикла цивиализации в этой солнечной системе.

В ближайшее десятилетие должны быть обнародованы графеновые разработки, особенно в этом продвинулись некоторые российские институты благодоря расшифровки информации от предыдущего цикла, названия которых я пока указать не могу.

*Графен* - это полупроводниковый материал, повторно открытый лишь 2004 году. В нескольких лабораториях уже синтезирован транзистор на базе графена, который может работать в трех устойчивых состояниях. Для аналогичного решения в кремниевом исполнение, потребовалось бы три отдельных полупроводниковых транзистора. Это позволит в недалеком будущем создавать интегральные схемы из меньшего количества транзисторов, которые будут выполнять те же функции, что и их устаревшие кремниевые аналоги.

**Заключение**

**Перспективы развития электронной техники** - в последние годы развивается новое направление - наноэлектроника. Нанотехнологии позволяют манипулировать атомами (размещать в каком-либо порядке или в определенном месте), что дает возможность конструировать новые приборы с качественно новыми свойствами.

Охватывая широкий круг научно-технических и производственных проблем, электроника опирается на достижения в различных областях знаний. При этом, с одной стороны, электроника ставит задачи перед другими науками и производством, стимулируя их дальнейшее развитие, и с другой стороны, вооружает их качественно новыми техническими средствами и методами исследования.

Размещено на Allbest.ru