

ЭЛЕКТРОНИКА

Лектор:

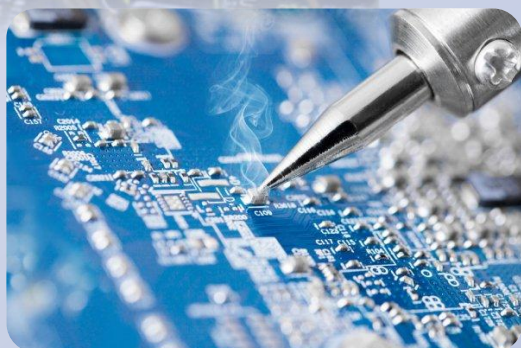
к.ф.-м.н. Алимгазинова Назгуль Шакаримовна

Литература

1. Электротехника, электроника и схемотехника : учебник и практикум для СПО / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 399 с. — Серия : Профессиональное образование.
2. Электроника и схемотехника. Основы электроники: конспект лекций для высшего профессионального образования / В.Т. Еременко, А.А. Рабочий, И.И. Невров, А.П. Фисун, А.В. Тютякин, В.М. Донцов, О.А. Воронина, А.Е. Георгиевский. — Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. — 290 с.
3. Электротехника и электроника: краткий курс лекций / Сост.: О.Н. Чурляева // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. — Саратов, 2016. — 86с.
4. Основы электроники : учебник для СПО / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 407 с. — Серия : Профессиональное образование.

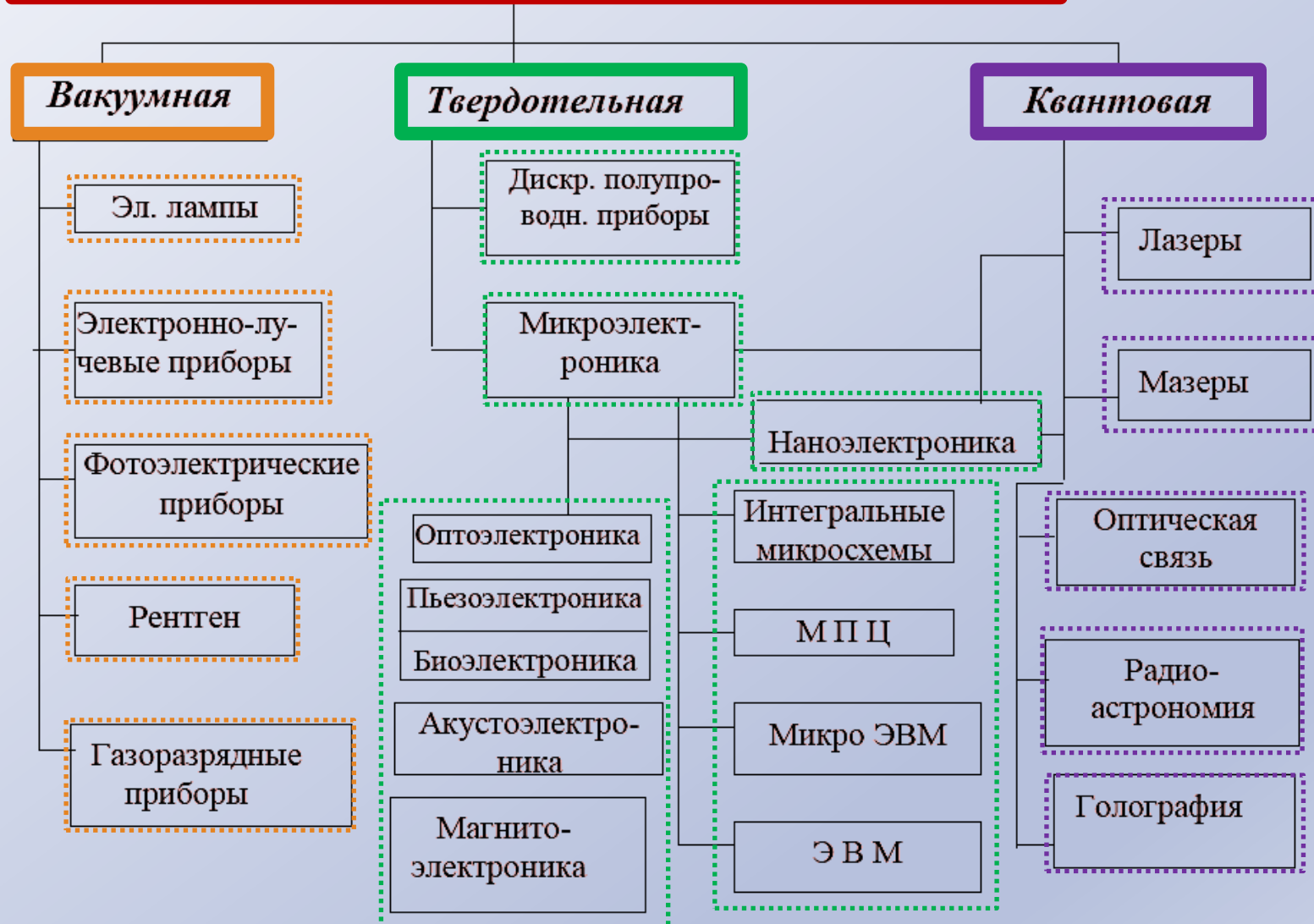
ВВЕДЕНИЕ В ЭЛЕКТРОНИКУ

Электроника (электронная техника) – отрасль науки и техники, изучающая законы взаимодействия электронов и других заряженных частиц с электромагнитными полями и разрабатывающая методы создания электронных приборов, в которых это взаимодействие используется для преобразования электромагнитной энергии с целью передачи, обработки и хранения информации, автоматизации производственных процессов, создания аппаратуры, устройств и средств контроля, измерения и управления.

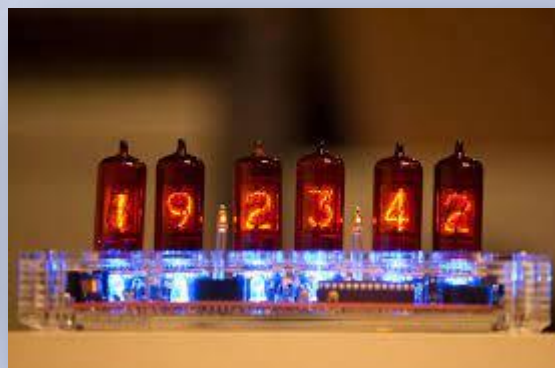
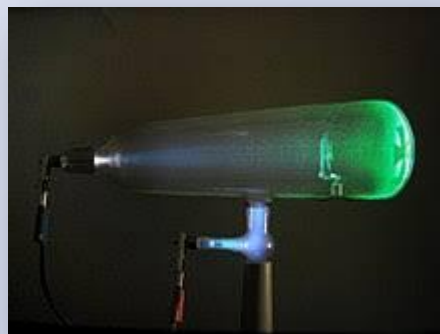


Основные направления электроники

Электроника, (радиоэлектроника)



ВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА – это раздел электроники, включающий исследования взаимодействия потоков свободных электронов с электрическими и магнитными полями в вакууме, а также методы создания электронных приборов и устройств, в которых это взаимодействие используется.



Направления исследований:

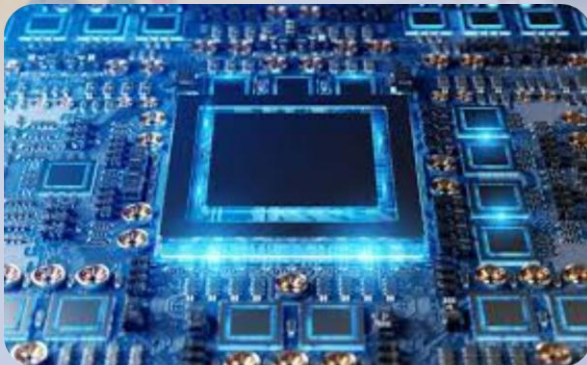
- ✓ электронная эмиссия (термо- и фотоэлектронная эмиссия);
- ✓ формирование потока электронов и (или) ионов и управление этими потоками;
- ✓ формирование электромагнитных полей с помощью устройств ввода и вывода энергии;
- ✓ физика и техника высокого вакуума и др.

Создание электровакуумных приборов:

- ✓ электронных ламп (диодов, триодов, тетродов и т.д.);
- ✓ электровакуумных приборов сверхвысокой частоты (магнетронов, клистронов, ламп бегущей и обратной волны);
- ✓ электронно-лучевых и фотоэлектронных приборов (кинескопов, видиконов, электронно-оптических преобразователей, фотоэлектронных умножителей);
- ✓ рентгеновских трубок;
- ✓ газоразрядных приборов (тиратронов, газоразрядных индикаторов).



ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА - раздел электроники, в котором изучаются физические принципы работы, функциональные возможности твердотельных приборов и правила их использования в электронике.



Задачи, связанные:

- ✓ с изучением свойств твердотельных материалов (полупроводниковых, диэлектрических, магнитных и др.), влиянием на эти свойства примесей и особенностей структуры материала;
- ✓ с изучением свойств поверхностей и границ раздела между слоями различных материалов;
- ✓ созданием в кристалле различными методами областей с различными типами проводимости;
- ✓ созданием гетеропереходов и многослойных структур;
- ✓ созданием функциональных устройств микронных и субмикронных размеров, а также способов измерения их параметров.

Направления:

- ✓ полупроводниковая электроника, связанная с разработкой различных видов полупроводниковых приборов,
- ✓ микроэлектроника, связанная с разработкой интегральных микросхем.

Микроэлектроника — подраздел электроники, связанный с изучением и производством электронных компонентов с геометрическими размерами характерных элементов порядка нескольких микрометров и меньше

В микроэлектронике используется схемотехническая интеграция функционально простых элементов (резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов и т.п.), которые локализованы в различных участках полупроводникового кристалла и способны выполнять сложные схемотехнические функции лишь в совокупности, включая также элементы связи (межсоединения).

Функциональная

электроника охватывает вопросы использования разнообразных физических явлений в твёрдых средах для интеграции различных схематических функций в объёме одного твёрдого тела (то есть функциональной интеграции) и создание электронных устройств с такой интеграцией.



Переход от схемотехнической интеграции к функциональной позволяет устранить значительную часть технологических трудностей, связанных с формированием в одном кристалле большого числа простых элементов и межсоединений.

Поэтому схемотехническую интеграцию называют также технологической, а функциональную интеграцию – физической.

Функциональная электроника ориентируется на использование волновых процессов взаимодействия электромагнитных полей с электронами и атомами в твёрдых телах.

Отличительной чертой приборов функциональной электроники являются несхематические принципы их построения.

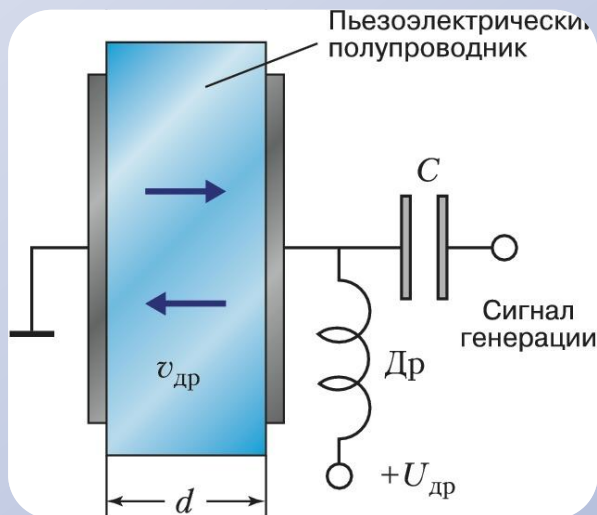
Акустоэлектроника - связана с явлениями взаимодействия акустических волн с электромагнитными полями и электронами проводимости в твёрдых телах, а также созданием акустоэлектронных устройств, работающих на основе этих эффектов.

С помощью устройств акустоэлектроники осуществляется **преобразование сигналов**:

- ✓ во времени (задержка сигналов, изменение их длительности),
- ✓ по частоте и фазе (преобразование частоты и спектра, сдвиг фаз),
- ✓ по амплитуде (усиление, модуляция),
- ✓ а также более сложные функциональные преобразования (интегрирование, кодирование и декодирование и др.).

В устройствах акустоэлектроники **используются акустические волны**:

- ✓ объёмные,
- ✓ поверхностные.



Магнитоэлектроника – базируется на использовании магнитных свойств вещества.

К числу наиболее типичных **объектов магнитоэлектроники** относятся:

- ✓ приборы управления потоками электромагнитной высокочастотной энергии (например ферритовые вентили),
- ✓ запоминающие и логические устройства,
- ✓ приборы, в которых используются свойства магнитостатических волн, явления ферромагнитного резонанса и ядерного магнитного резонанса.

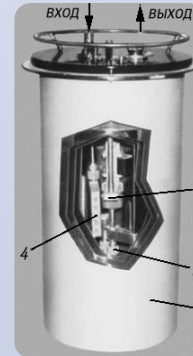


Криоэлектроника (криогенная электроника) – направление твердотельной электроники, охватывающее исследование при криогенных температурах (ниже 120 K) эффектов взаимодействия электромагнитного поля с носителями зарядов в твёрдых телах и методы создания электронных приборов и устройств на их основе – криоэлектронных приборов.

Действие криоэлектронных приборов основано на различных физических явлениях и эффектах, происходящих в сверхпроводниках, проводниках, полупроводниках и диэлектриках при криогенных температурах.

Полупроводниковые материалы получили широкое распространение

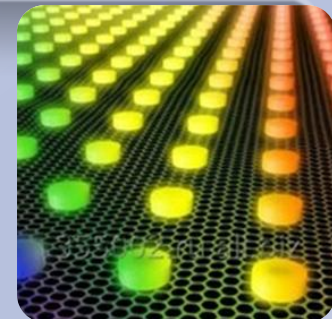
- ✓ в криоэлектронных параметрических усилителях,
- ✓ транзисторных усилителях,
- ✓ смесительных и детекторных устройствах и др.



Оптоэлектроника – раздел твердотельной электроники, охватывающий использование эффектов взаимодействия электромагнитных волн оптического диапазона ($3 \cdot 10^{11} \div 3 \cdot 10^{17}$ Гц) с электронами в твёрдых телах и методы создания оптоэлектронных приборов и устройств, использующих эти эффекты для генерации, передачи, хранения, обработки и отображения информации.

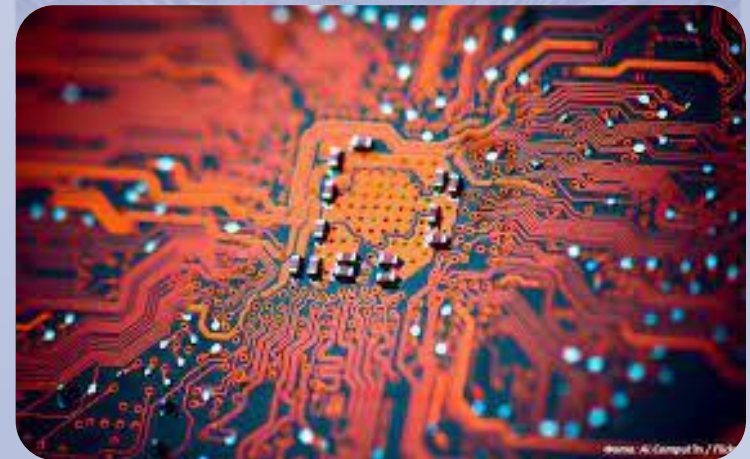
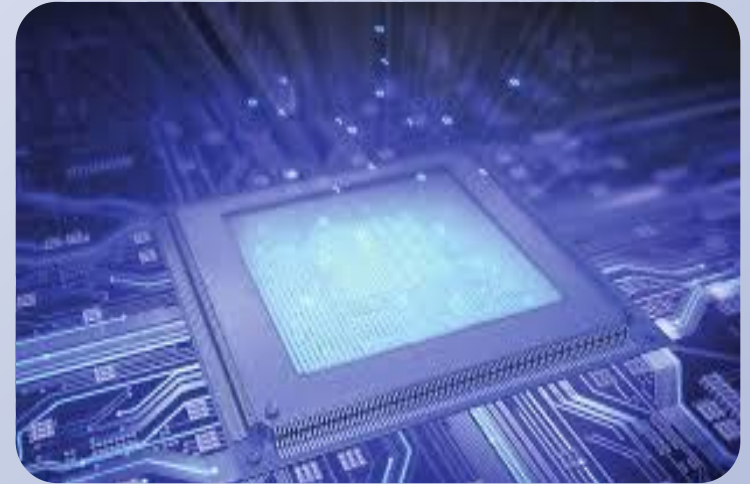
В оптоэлектронике условно выделяют:

- ✓ **фотонику**, которая исследует методы создания и свойства устройств, предназначенных для хранения, передачи, обработки и отображения информации, представленной в виде только оптических сигналов. К таким устройствам относятся фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и светоизлучающие диоды.
- ✓ **радиооптику**, это приложение принципов и методов радиофизики к оптике.
- ✓ **Оптронику**, которая исследует методы создания электронных устройств с внутренними оптическими связями, так называемых оптронных схем.



В оптоэлектронике практически освоенный диапазон электромагнитных волн лежит в пределах $0,2 \div 20$ мкм.

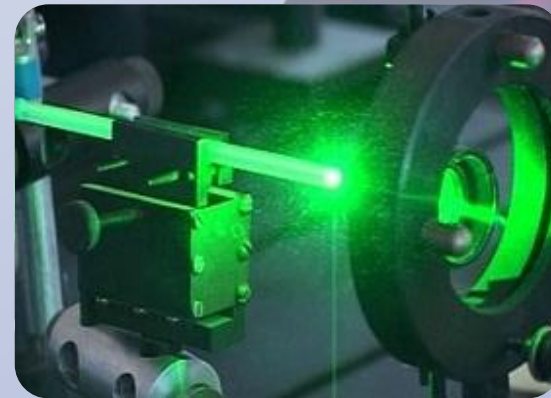
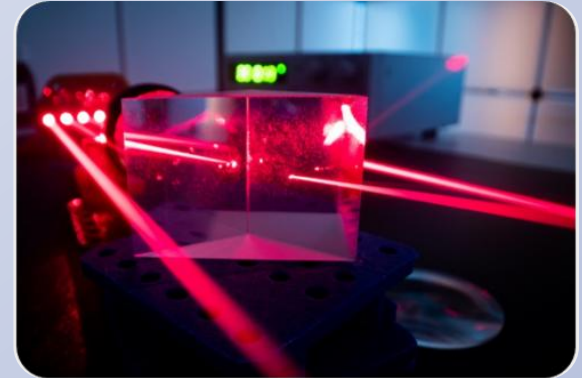
Нанoeлектроника — область науки и техники, занимающаяся созданием, исследованием и применением электронных приборов с нанометровыми размерами элементов, в основе функционирования которых лежат квантовые эффекты.



КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА - область науки и техники, охватывающая исследования принципов действия, конструирование и применение генераторов, усилителей, преобразователей частоты электромагнитного излучения, действие которых основано на вынужденном излучении или на нелинейном взаимодействии излучения с веществом.

Основные направления квантовой электроники – это создание:

- ✓ оптических квантовых генераторов (лазеров),
- ✓ квантовых усилителей,
- ✓ молекулярных генераторов,
- ✓ высокоточных дальномеров,
- ✓ квантовых стандартов частоты,
- ✓ квантовых гироскопов,
- ✓ систем оптической многоканальной связи,
- ✓ дальней космической связи,
- ✓ медицинской аппаратуры,
- ✓ лазерной звукозаписи и воспроизведения и др.



Особенности приборов квантовой электроники :

- ✓ высокая стабильность частоты колебаний,
- ✓ низкий уровень собственных шумов,
- ✓ большая мощность в импульсе излучения.

Поколения развития электроники



I поколение (1904 – 1950 г.г.) – дискретная электроника на вакуумных приборах - характеризуется тем, что роль активных элементов в электронных устройствах выполняли различные электровакуумные приборы, в которых пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения или заполнено специальной рабочей средой (парами или газом) и действие которых основано на использовании электрических явлений в вакууме или газе.

Электровакуумные приборы

(в зависимости от характера рабочей среды)

Электронный

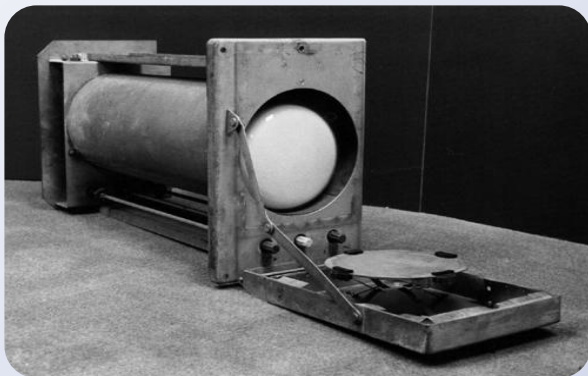
Ионный

Электронный электровакуумный прибор – прибор, в котором электрический ток создаётся только свободными электронами.

Ионный электровакуумный прибор – прибор с электрическим разрядом в газе или парах. Этот прибор называют газоразрядным.

I поколение (1904 – 1950 г.г.) – дискретная электроника на вакуумных приборах

Семейство электронных электровакуумных приборов весьма обширно и объединяет такие группы приборов, как электронные лампы, электронно-лучевые приборы, электровакуумные фотоэлектрические приборы и др.



Электронные лампы – электровакуумные приборы, предназначенные для различного рода преобразований электрического тока.



Число элементов в единице объёма (плотность монтажа) электронных устройств первого поколения составляло $0,001 \div 0,003$ эл/см³.

I поколение (1904 – 1950 г.г.) – дискретная электроника на вакуумных приборах

В качестве **пассивных элементов** применялись *резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, трансформаторы, переключатели и другие дискретные радиодетали.*



Сборка таких электронных устройств осуществлялась *вручную, из отдельных дискретных элементов, которые механически укреплялись на специальных панелях и электрически соединялись между собой проволочными проводниками с помощью пайки или сварки.*

- **НИЗКАЯ НАДЁЖНОСТЬ,**
- **СЛОЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ,**
- **БОЛЬШАЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬ,**
- **ГРОМОЗДКОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ**



II поколение (1950 – начало 60-х годов) – дискретная электроника на полупроводниковых приборах

Применение в качестве основной элементной базы дискретных полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров).

Начало этого этапа связано с изобретением в 1948 году транзисторов. **Первые транзисторы** были **точечными**, их *p-n-переходы* получали в месте контакта с полупроводником двух заточенных проволочек. Однако точечные контакты были **нестабильными**. Этот недостаток был устранён в **сплавных транзисторах**, получение *p-n-переходов* которых основано на взаимодействии жидкой фазы впаляемого электрода, содержащего легирующий элемент, с твёрдым полупроводником. Сплавные транзисторы отличались **большими переходами**, низкой воспроизводимостью параметров и невозможностью получения базовых областей шириной менее 10 мкм. Затем в производство были внедрены **транзисторы с диффузионными переходами**, параметры которых более воспроизводимы, а **ширина базы может быть уменьшена до 0,2 ÷ 0,3 мкм**. Разработка в 1957 ÷ 1958 г.г. планарной технологии создала современную базу широкого производства транзисторов и использования их в радиоэлектронной аппаратуре.

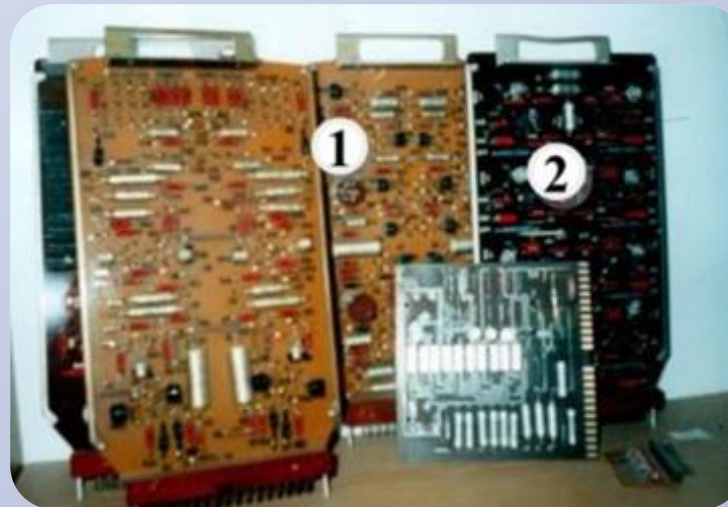


II поколение (1950 – начало 60-х годов) – дискретная электроника на полупроводниковых приборах

Сборка электронных устройств второго поколения осуществлялась обычно *автоматически* с применением *печатного монтажа*, при котором полупроводниковые приборы и пассивные элементы располагались на печатной плате – диэлектрической пластине с металлизированными отверстиями (для подсоединения полупроводниковых приборов и пассивных элементов), соединёнными между собой проводниками. Проводники выполнялись путём осаждения медного слоя на плату по заранее заданному печатному рисунку, соответствующему определённой электронной схеме. Плотность монтажа электронных устройств второго поколения за счёт применения малогабаритных элементов составляла $\sim 0,5$ эл/см³.

Применение транзисторов позволило на определённом этапе значительно

- ✓ **ПОВЫСИТЬ НАДЁЖНОСТЬ,**
- ✓ **УМЕНЬШИТЬ ПОТРЕБЛЕНИЕ МОЩНОСТИ,**
- ✓ **УМЕНЬШИТЬ ГАБАРИТЫ,**
- ✓ **ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ.**



III поколение (1960 – 1980 г.г.) – интегральная микроэлектроника на интегральных микросхемах

Связано с появлением плёночной технологии, которая в сочетании с планарной технологией дала возможность в микрообъёмах твёрдого тела изготавливать огромное количество активных приборов. Это поколение характеризуется бурным развитием микроэлектроники. Основой элементной базы третьего поколения электронных устройств стали интегральные схемы и микросборки.



Интегральная схема представляет собой совокупность нескольких взаимосвязанных элементов (транзисторов, резисторов, конденсаторов и др.), изготовленных в едином технологическом цикле, т.е. одновременно, на одной и той же несущей конструкции (подложке), и выполняющих определённую функцию преобразования информации.

Микросборка представляет собой интегральную схему, в состав которой входят однотипные элементы (например, только диоды или только транзисторы).

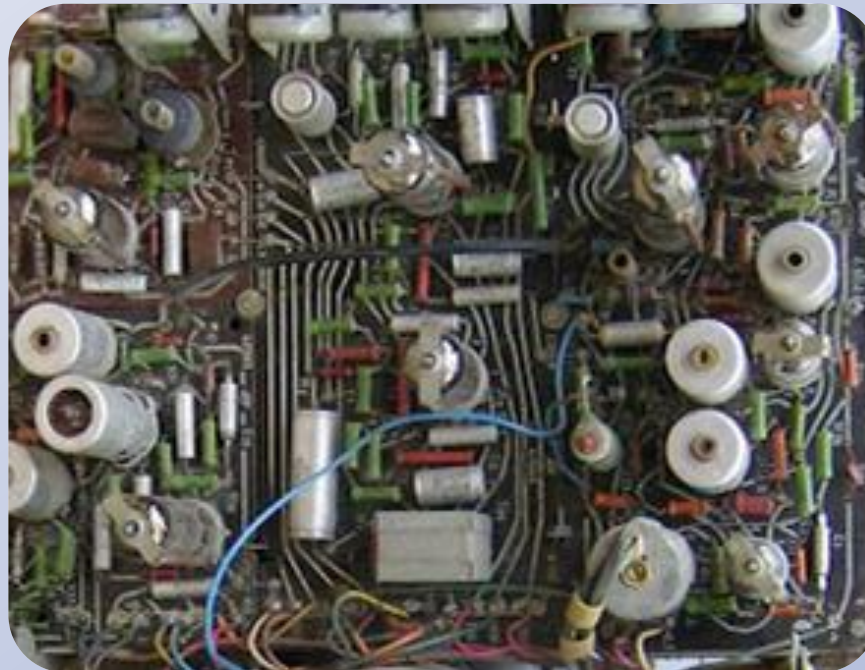


III поколение (1960 – 1980 г.г.) – интегральная микроэлектроника на интегральных микросхемах

Широкое развитие находит блочная конструкция электронных устройств – набор печатных плат, на которые монтируют интегральные схемы и микросборки. Плотность монтажа электронных устройств третьего поколения составляет ≤ 50 эл/см³.

Этот этап развития электронных устройств характеризуется

- ✓ **РЕЗКИМ УМЕНЬШЕНИЕМ ГАБАРИТОВ,**
- ✓ **УМЕНЬШЕНИЕМ МАССЫ,**
- ✓ **УМЕНЬШЕНИЕМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ,**
- ✓ **ПОВЫШЕНИЕМ ИХ НАДЁЖНОСТИ,**
- ✓ **СВЕДЕНИЯ К МИНИМУМУ РУЧНОГО ТРУДА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ.**

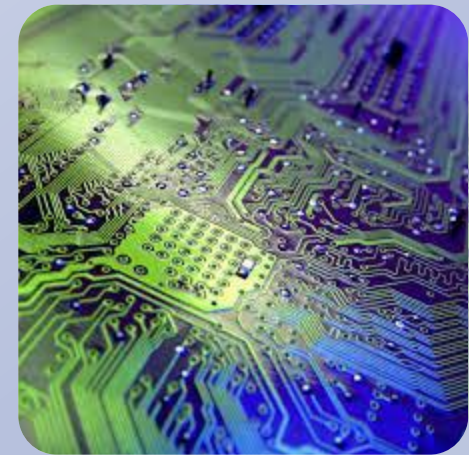
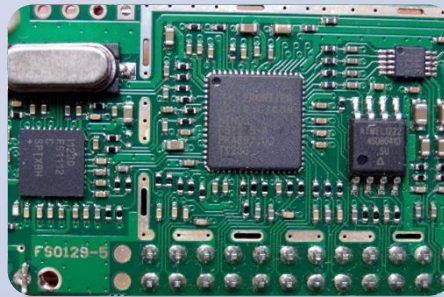


IV поколение (с 1980 г. по настоящее время) – интегральная микроэлектроника на функциональных приборах

Характеризуется дальнейшей микроминиатюризацией электронных устройств на базе применения больших интегральных схем (БИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС), когда уже отдельные функциональные блоки выполняются в одной интегральной схеме, представляющей собой готовое электронное устройство приёма, преобразования или передачи информации.

Электронные устройства, выполненные в виде СБИС, позволяют

- ✓ **ПОЛНОСТЬЮ ОБЕСПЕЧИТЬ ТРЕБУЕМЫЙ АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ**
- ✓ **СУЩЕСТВЕННО ПОВЫСИТЬ НАДЕЖНОСТЬ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ.**



РОЛЬ ЭЛЕКТРОНИКИ В РАЗВИТИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Развитие физической электроники, открытие новых физических явлений, установление их качественных и количественных закономерностей стимулирует развитие электронной техники.

На базе этих открытий оказывается возможным:

- 1) **СОЗДАВАТЬ принципиально новые приборы** (газовые и твердотельные лазеры, полупроводниковые приборы с зарядовой связью, поверхностными акустическими волнами, оптоэлектронные приборы и др.);
- 2) **РАЗРАБАТЫВАТЬ** прогрессивные технологические процессы производства приборов (ионно-плазменное легирование полупроводников, лазерная обработка тонких плёнок, электролитография, рентгенолитография и др.), позволяющие существенно улучшить параметры приборов и решить коренную задачу современной электронной техники — максимальную микроминиатюризацию и высокую степень интеграции твердотельных приборов;
- 3) **РАСШИРЯТЬ И УГЛУБЛЯТЬ представление о физических процессах в электронных приборах**, что даёт возможность разработчикам электронных устройств и систем обоснованно выбирать элементную базу и режимы работы приборов.



Классификация изделий электроники

К изделиям относят дискретные элементы и компоненты, а также интегральные схемы.



Классификация изделий (группы электронных приборов) по виду рабочей среды



Классификация изделий (электронных приборов) по виду энергии

Электропреобразовательные

- Вход –электрический сигнал
- Выход –электрический сигнал

Электросветовые

- Вход –электрический сигнал
- Выход –оптический сигнал

Фотоэлектрические

- Вход –оптический сигнал
- Выход – электрический сигнал

Термоэлектрические

- Вход –тепловой сигнал
- Выход – электрический сигнал

Акустоэлектрические

- Вход – акустический (или электрический) сигнал
- Выход –электрический (или акустический) сигнал

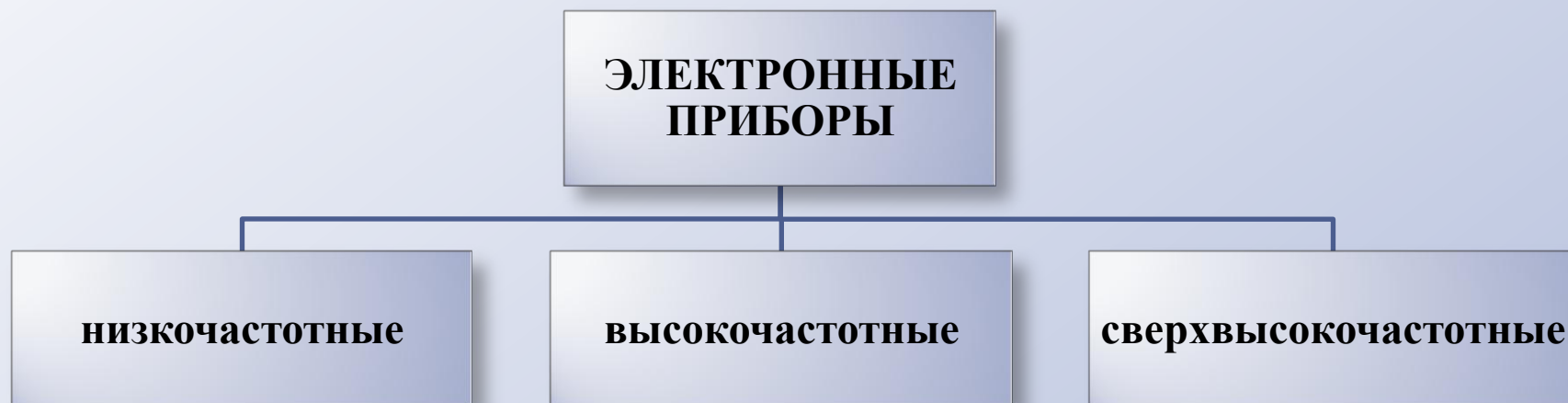
Магнитоэлектрические

Механоэлектрические

Оптоэлектронные

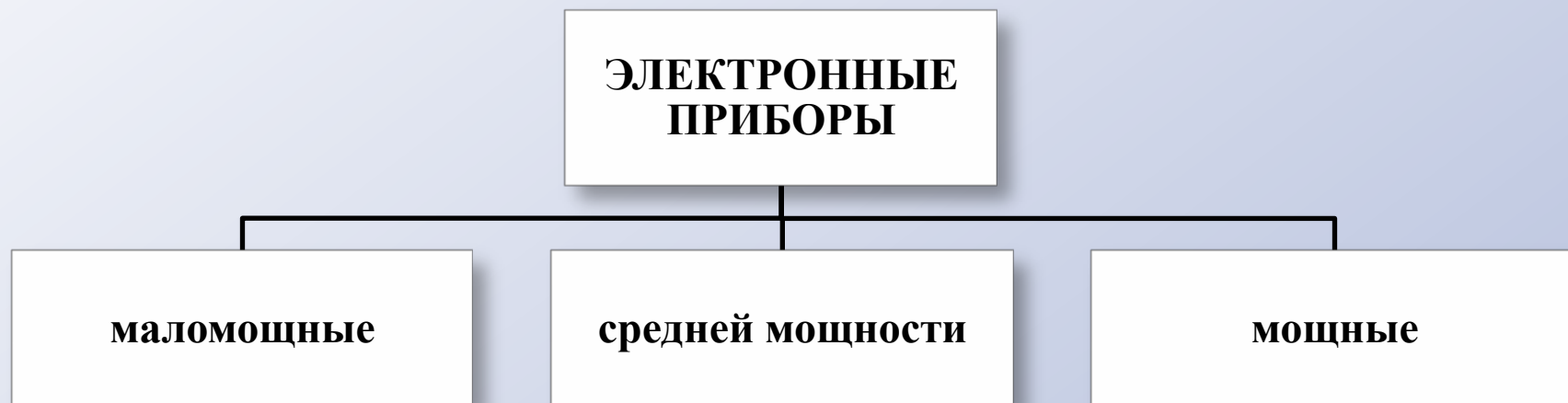
- Вход электрический сигнал - преобразует в оптический
- Выход –электрический сигнал

Классификация изделий (электронных приборов) по диапазону частот



Диапазон частот	Сокращённое название диапазона	Название диапазона волн	Длина волны
3-30 кГц	ОНЧ (Очень низкие частоты)	Мириаметровые	10-100 км
30-300 кГц	НЧ (Низкие частоты)	Километровые	1-10 км
300-3000 кГц	СЧ (Средние частоты)	Гектометровые	0,1-1 км
3-30 МГц	ВЧ (Высокие частоты)	Декаметровые	10-100 м
30-300 МГц	ОВЧ (Очень высокие частоты)	Метровые	1-10 м
300-3000 МГц	УВЧ (Ультра высокие частоты)	Дециметровые	0,1-1 м
30-3000 МГц	УКВ (Ультра короткие волны)	Метровые	0,1-10 м
3-30 ГГц	СВЧ (Сверхвысокие частоты)	Сантиметровые	1-10 см
30-300 ГГц	КВЧ (Крайне высокие частоты)	Миллиметровые	1-10 мм
300-3000 ГГц	ГВЧ (Гипервысокие частоты)	Децимиллиметровые	0,1-1 мм

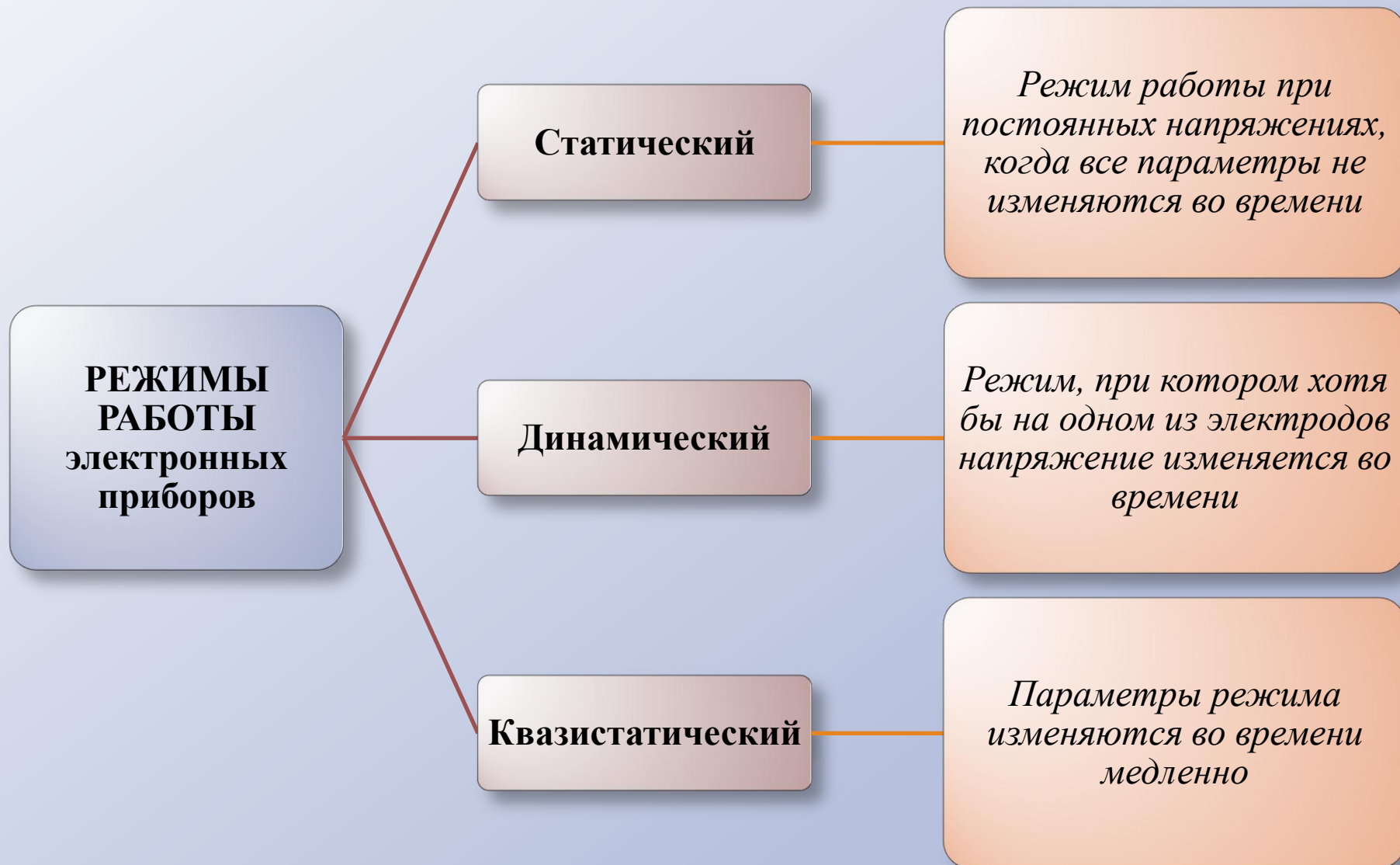
Классификация изделий (электронных приборов) по мощности



Электрический прибор	Мощность,Вт
Лампочка фонарика	1
Сетевой роутер, хаб	10...20
Системный блок ПК	100...1700
Системный блок сервера	200...1500
Монитор для ПК ЭЛТ	15...200
Монитор для ПК ЖК	2...40
Лампа люминесцентная бытовая	5...30
Лампа накаливания бытовая	25...150

Холодильник бытовой	15...700
Электропылесос	100... 3000
Электрический утюг	300...2 000
Стиральная машина	350...2 000
Электрическая плитка	1000...2000
Сварочный аппарат бытовой	1000...5500
Двигатель лифта невысокого дома	3 000...15 000
Двигатель трамвая	45 000...75 000
Двигатель электровоза	650 000
Электродвигатель шахтной подъёмной машины	1 000 000...5 000 000
Электродвигатель прокатного стана	6 000 000...32 000 000

К электродам электронных приборов подключают источники как **постоянных**, так и **переменных** напряжений, поэтому существуют различные режимы работы.



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

1

- Вид преобразования сигнала

2

- Номинальные и предельные значения параметров (по току, напряжению ...)

3

- Частотные свойства (частотный диапазон)

4

- Интервал рабочих температур

5

- Уровень собственных шумов

6

- Потребляемая от источников питания мощность

7

- Стабильность параметров

8

- Малые габариты и вес

9

- Надежность, долговечность ...