

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОМАТЕРИАЛЫ

для подготовки бакалавров по направлениям:

210400.62 – Радиотехника,

210700.62 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

211000.62 – Конструирование и технология электронных средств,

для подготовки специалистов по специальности

210601.65 - Радиоэлектронные системы и комплексы

Факультет радиотехники и телекоммуникаций

Курс	2	Семестр	4
------	---	---------	---

Кафедра микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры (МИТ):

Лектор- доцент к.т.н. Ситникова Маргарита Федоровна,
sitnimf@gmail.com

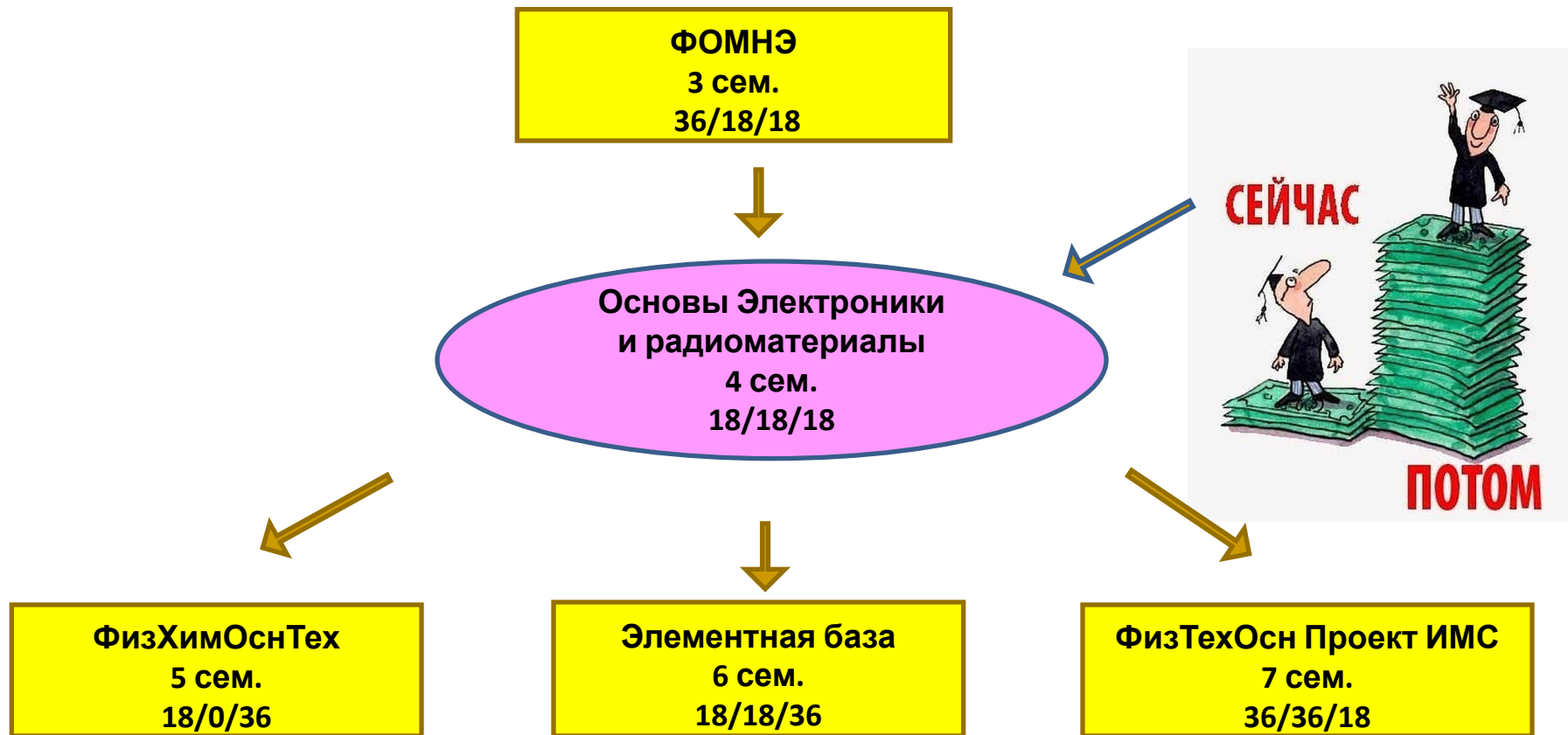
Группа	Преподаватель Практика/лаборатория
5104+5106	Ситникова М.Ф./ Бабичев Д.А
5114	Мунина И.В. / Мунина И.В.
5105	Бабичев Д.А ./Ященко В.
5101	Мунина И.В./Фантиков В.С.
5181	Ситникова М.Ф././ Мунина И.В.
5193	Ященко В./ Мунина И.В.
5191	Ситникова М.Ф././ .Мунина И.В.
5182 5102	Ситникова М.Ф / Замешаева Е.Ю. Бабичев Д.А Мунина И.В.

Лекции	18	ч
Практические занятия	18	ч
Лабораторные занятия	18	ч
Аудиторные занятия	54	ч
Самостоятельная работа	48	ч
Всего часов	102	ч

Самостоятельная работа	48	ч
Индивидуальное домашнее задание, Реферат, доклад		

Экзамен	4 сем.
---------	--------

Предмет и задачи дисциплины,
ее связь с дисциплинами учебного плана.



ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОМАТЕРИАЛЫ

Радиокомпоненты и радиоматериалы

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Интегральная

Статическая
(технологическая)
неоднородность
среды

Интеграль
ные
микросхем
ы

Функциональная

Динамическая
неоднородность

акустоэлектр
оника

оптоэлектрон
ика

криоэлектрон
ика

СВЧ
электроника

магнитоэлект
роника

РАДИОМАТЕРИАЛЫ

традиционные

проводни
ки

диэлектр
ики

полупрово
дники

сверхпрово
дники

магнетики

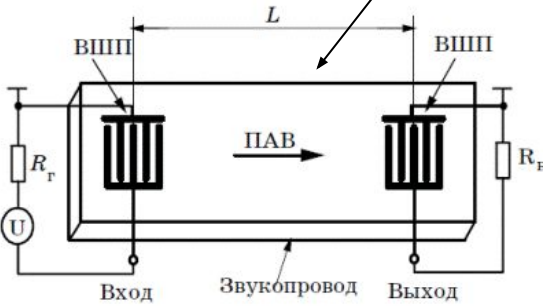
нетрадиционные

композит
ы

метаматер
иалы

фулерены

графены...



Список рекомендуемой литературы

Учебники и учебные пособия

- *1. Ашкрофт Н., Мермин Н., Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979.
2. Блатт Ф., Физика электронной проводимости в твердых телах. - М.: Мир, 1971.
3. Ситникова М.Ф. Конспект Лекций. Презентации . Информрегистр №0321603400.2016
4. Вендик И.Б., Ситникова М.Ф. Физические основы микроэлектроники. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1989.
5. Горбачев В.В., Спицина Л.Г., Физика полупроводников и металлов. - М.: Металлургия, 1981.
6. Киттель Ч., Введение в физику твердого тела. - М.: Наука, 1978.
7. Марголин В.И., Жабрев В.А., Тупик В.А., Физические основы микроэлектроники: - М.: Издательский центр "Академия", 2008.
- *8. Павлов П.В., Хохлов А.Ф., Физика твердого тела.-М.: Высшая шк.,2000.
- *9. Шалимова К.В. Физика полупроводников. - М.: Энергия, 1976.
- *10. Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высш. шк., 1976.

Методическая литература

- 1.. *Замешаева Е.Ю., Ситникова М.Ф. «Физические свойства радиоматериалов», методические указания к практическим занятиям, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013.*
2. *Аничкова Н.С., Замешаева Е.Ю., Мунина И.В., Ситникова М.Ф. «Физические свойства полупроводниковых радиокомпонентов», методические указания к лабораторным занятиям, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.*
3. *Одит М.А., Ситникова М.Ф. «Компьютерное моделирование физических свойств материалов микроэлектроники», методические указания к лабораторным работам СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.*

ВВЕДЕНИЕ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ

Примечание: Вся информация введения предлагается для индивидуального выбора темы и написания реферата с последующим докладом



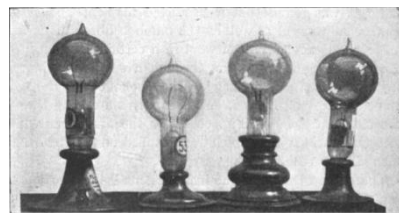
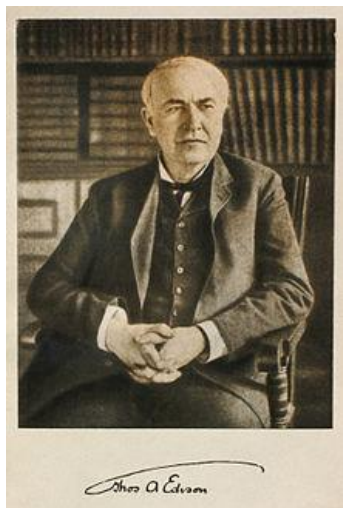
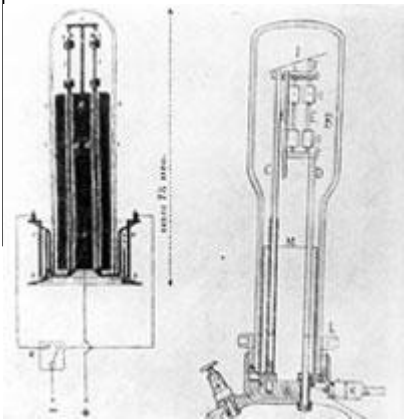
Основные этапы развития электроники

1- этап
До 1904 г



А.Лодыгин (1847 —1923)

- 1873 г. А. Лодыгин – лампа накаливания с угольным стержнем
- 1874 г. Ф. Браун –выпрямительный эффект в контакте Ме-ПП
- 1883 г. Т. Эдисон –явление термоэлектронной эмиссии
- 1888 г. Г. Столетов -законы фотоэффекта.
- 1895 г. А. С. Попов – осуществление радиосвязи.



1859-1905



Ф Браун (1850(1850-1918)
1897г.- катодо-лучевая трубка
1901г.- заменил когерер, создал кристаллический детектор,

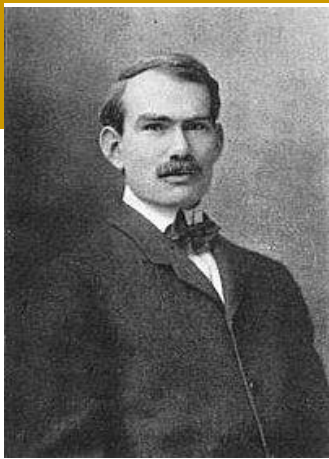
В 1909В 1909 г. Браун получает, совместно с итальянцем Гульельмо Маркони, Нобелевскую премию «за выдающийся вклад в создание беспроволочной телеграфии».



2- этап
До 1948 г

Период развития вакуумных и газоразрядных электроприборов:

1904г. Д. Флеминг –электровакуумный диод (детектор)
1907г. Ли де Фрест – триод (аудион),
1924г. М.А. Бонч-Бруевич –генераторные лампы, А. Халл – тетрод,
1930 –пентод, 1929г. Зворыкин- кинескоп



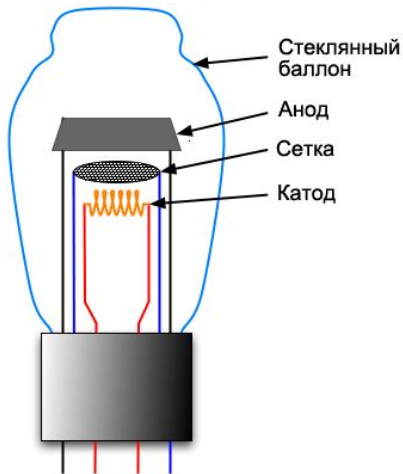
Ли де Форест (1873–1961)



Альберт Уоллес Халл
(1880 —1966)

Халл установил природу шумов в триодах (1923 г).
Один из способов устранения дробового шума Один из способов устранения дробового шума - переход от триода к экранированной лампе

(тетроду Один из способов устранения дробового шума - переход от триода к экранированной лампе (тетроду)

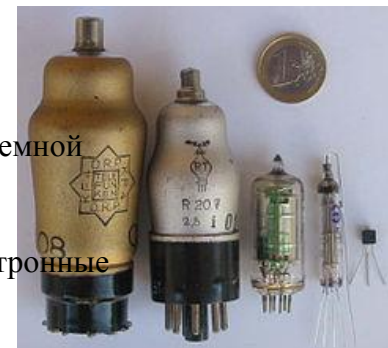
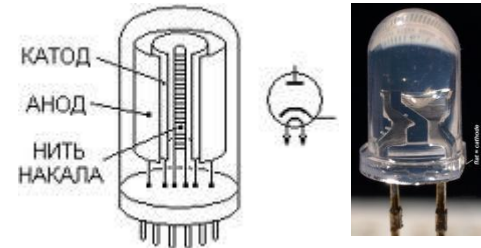


Михаил А. Бонч-Бруевич
(1888—1940)

В 1914 г. поступил на работу помощником начальника Тверской приемной радиостанции, где организовал лабораторию и изготовил первые отечественные лампы и первые лампы приемники.



Джон Флеминг
(1849–1945)





3- этап
1948 -1960

Период создания и внедрения дискретных полупроводниковых приборов



К. Шокли, Дж. Бардин, У. Браттейн (1963)

Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии в Германии в 1928 году

первый МОП-транзистор, был изготовлен *позже* биполярного транзистора, в 1960 г.



Бардин Бардин, Шокли Бардин, Шокли и Браттейн

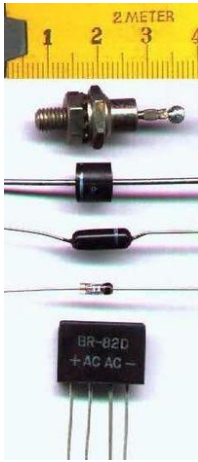
в лаборатории Bell, 1948

В 1956 г. за изобретение биполярного транзистора

Уильям Шокли Уильям Шокли, Джон Бардин Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн

получили Нобелевскую премию по физике.

В 1947 г. в лабораториях Bell Labs впервые был создан действующий биполярный транзистор





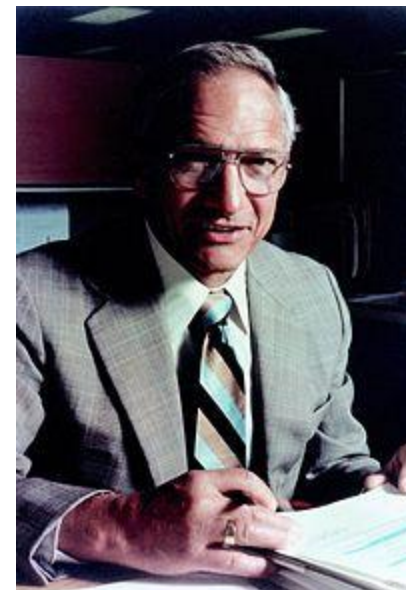
**4- этап
с 1960**

Период развития микроэлектроники

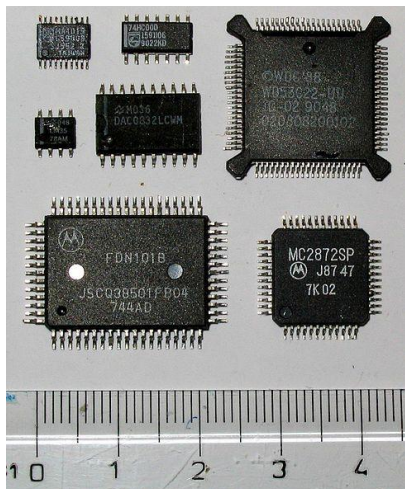


Джек Сент-Клэр Килби (1923 – 2005)
— американский учёный.
Лауреат Нобелевской премии по физике 2000 года
за изобретение интегральной схемы в 1958 году
в период работы в Texas Instruments

малая интегральная схема (МИС) — до 100 элементов в кристалле,
средняя интегральная схема (СИС) — до 1000 элементов в кристалле,
большая интегральная схема (БИС) — до 10 тыс. элементов в кристалле,
сверхбольшая интегральная схема (СБИС) —
более 10 тыс. элементов в кристалле.



Роберт Нортон Нойс (1927 (1927 — 1990)
американский инженер американский инженер, один из изобретателей интегральной схемы
и планарной технологии (1959),
Основатель корпорации Intel (1968).

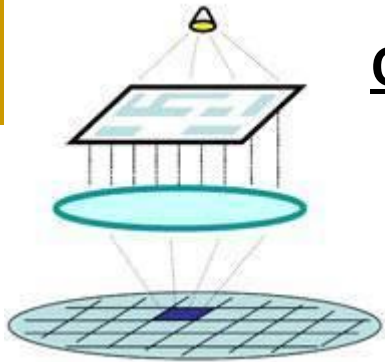


Первая в СССР полупроводниковая интегральная микросхема
была создана на основе планарной технологии,
разработанной в начале 1960 года в НИИ-35 (НИИ «Пульсар»)



Гибридная микросборка STK403-090,
извлечённая из корпуса

Современные интегральные микросхемы,
предназначенные для поверхностного монтажа



Современное состояние развития микроэлектроники

В **1970-х годах** минимальный контролируемый размер составлял **2-8 мкм**, в **1980-х** он был уменьшен до **0,5-2 мкм**. Некоторые экспериментальные образцы фотолитографического оборудования *рентгеновского* диапазона обеспечивали минимальный размер **0,18 мкм**.

В **1990-х годах**, из-за нового витка «войны платформ», стали внедряться в производство и быстро совершенствоваться экспериментальные методы: в начале 1990-х процессоры (например, ранние **Pentium** в начале 1990-х процессоры (например, ранние Pentium и **Pentium Pro**) изготавливали по технологии **0,5-0,6 мкм (500—600 нм)**, потом технология дошла до **250—350 нм**.

Следующие процессоры (**Pentium II** Следующие процессоры (Pentium II, **K6-2** Следующие процессоры (Pentium II, K6-2+, **Athlon**) уже делали по технологии **180 нм**.

В **конце 1990-х** фирма **Texas Instruments** создала *ультрафиолетовую* технологию с минимальным контролируемым размером около **80 нм**.

Следующие процессоры делали по УФ-технологии **45 нм** (сперва это был **Core 2 Duo**). Другие микросхемы достигли и превосходили этот уровень (в частности, **видеопроцессоры** (в частности, видеопроцессоры и **флеш-память** (в частности, видеопроцессоры и флеш-память фирмы **Samsung** — **40 нм**).

В **2010** году в розничной продаже появились процессоры, разработанные по **32-нм** тех. процессу.

В **апреле 2012** года в продажу поступили процессоры, разработанные по **22-нм** тех. процессу (ими стали процессоры фирмы Intel,

Процессоры с технологией **14 нм** планируется к внедрению в **2014** году, а **10 нм** — около **2018** года.
EUV-литография (сверхкороткий УФ)



рисунок проектной нормы 45 нм



Закон Мура — эмпирическое — эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром — эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца.



Гордон Эрл МУР

Gordon Earle Moore, р. 1929

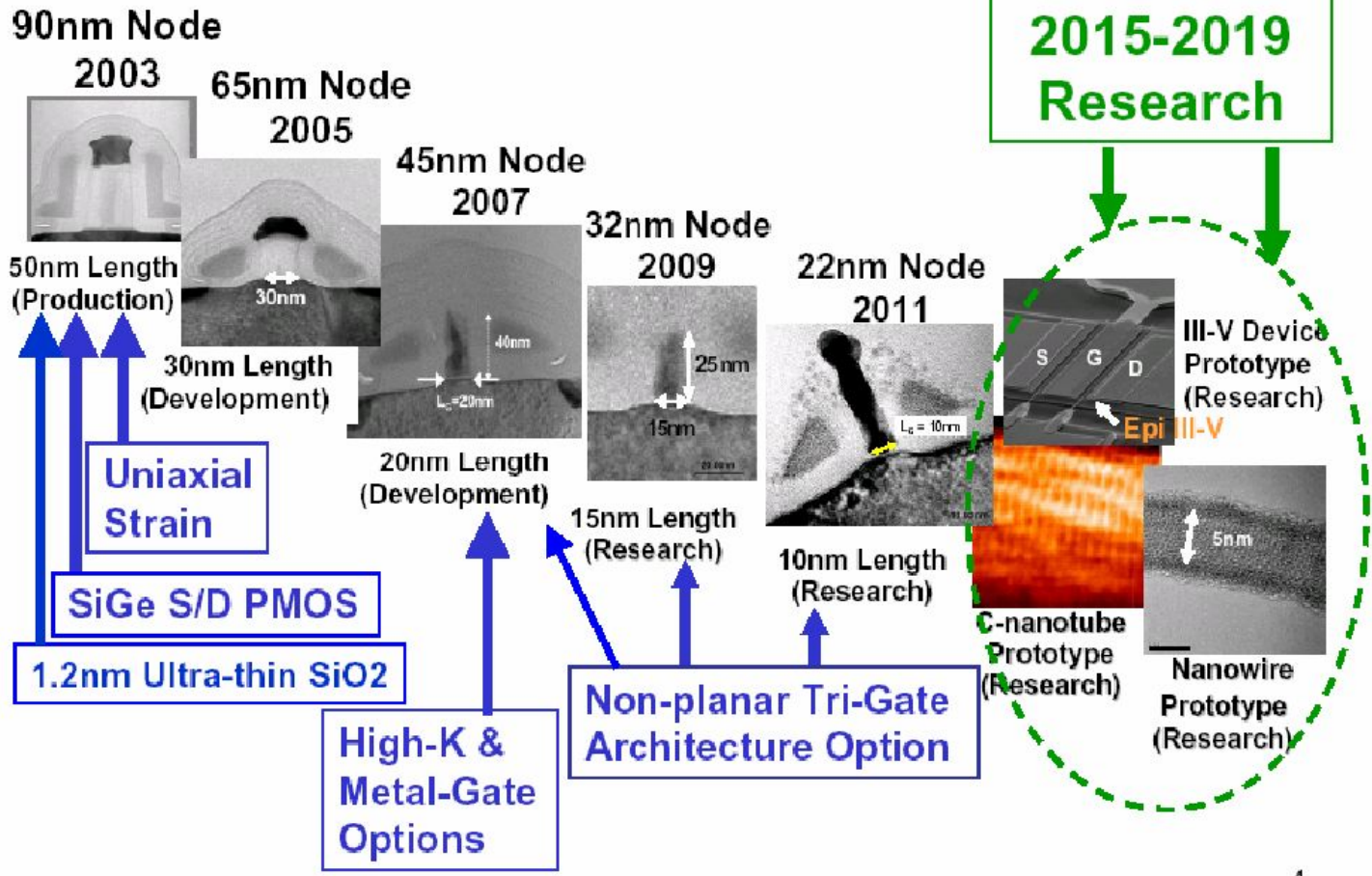
Американский компьютерный инженер и бизнесмен.

Родился в Сан-Франциско, получил докторскую степень в области химической физики в Калифорнийском технологическом институте.

Некоторое время работал под руководством Вильяма Шокли (William Shockley, 1910–89), одного из изобретателей транзистора, и занимался изучением полупроводников. Но в характере Шокли начала проявляться эксцентричность, поведение его стало непредсказуемым,

и Мур и несколько его коллег уволились. С одним из них, Робертом Нойсом (Robert Noyce, 1927–90), в 1968 году Мур основал корпорацию Intel (где до сих пор занимает должность почетного председателя совета директоров) и приступил к разработке и производству сложных интегральных схем — «чипов», — лежащих в основе современных персональных компьютеров. «Закон» Мура впервые был изложен в 1965 году в журнале *«Электроника»* в комментарии ученого к статье о том, как технология интегральных схем должна привести к снижению стоимости компьютеров.

В 1960-е годы ни один человек в Силиконовой долине не мог даже предположить, что современные технологии производства позволят размещать миллионы элементов в кремниевом кристалле (чипе) размером с почтовую марку. Но когда в соответствии с законом Мура должна была возникнуть такая степень интеграции, она возникла. Правда, закон Мура, похоже, стал действовать быстрее — за последние несколько лет период удвоения производительности сократился с двух лет до полутора

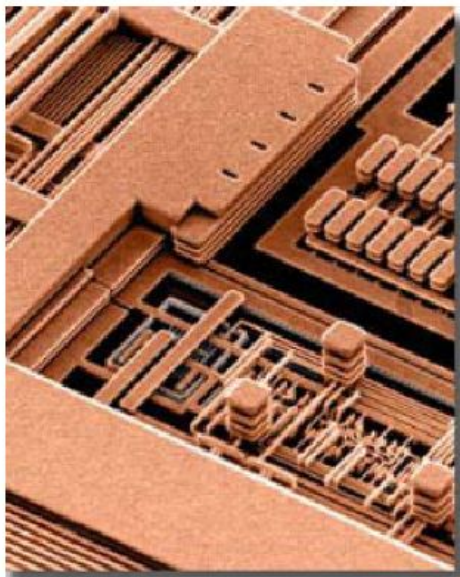


Robert Chau, Intel, ICSICT 2004

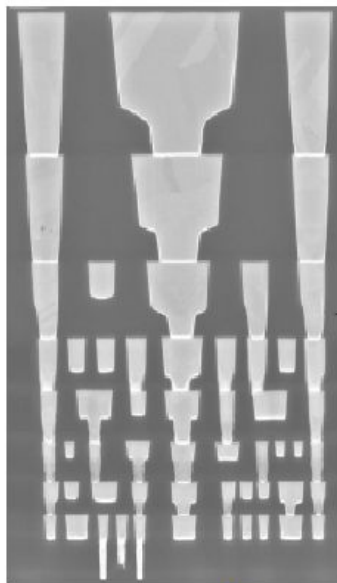
4

K. K. Likharev, IEEE NANO
Portland, OR, August 2011

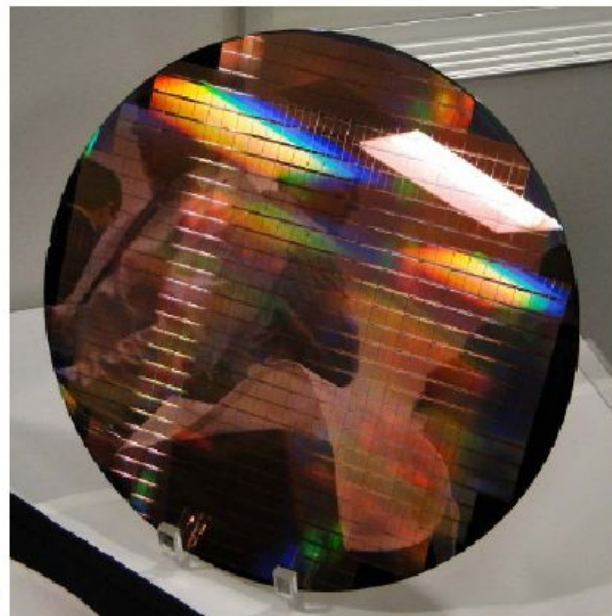
22



IBM, 1998



Figures: Intel



300 mm wafer from 25 nm fab

IMEC R&D facility in Leuven, Belgium



K. K. Likharev, IEEE NANO

Примечание: Эта информация предлагается для индивидуального
Классификация микросхем выбора темы и написания реферата

Полупроводниковая микросхема — все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном полупроводниковом — все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном полупроводниковом кристалле (например, кремния — все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном полупроводниковом кристалле (например, кремния, германия — все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном полупроводниковом кристалле (например, кремния, германия, арсенида галлия)

Плёночная интегральная микросхема — все элементы и межэлементные соединения выполнены в виде плёнок:

толстоплёночная интегральная схема;

тонкоплёночная интегральная схема.

Гибридная микросхема (также микросборка) — кроме полупроводникового кристалла содержит несколько бескорпусных диодов, транзисторов и(или) других электронных компонентов, помещённых в

Микросхемы на униполярных (полевых) транзисторах :

МОП-логика (металл-оксид-полупроводник логика) — микросхемы формируются из полевых транзисторов n-МОП или p-МОП типа;

КМОП-логика (комплементарная МОП-логика) — каждый логический элемент микросхемы состоит из пары взаимодополняющих (комплементарных) полевых транзисторов (n-МОП и p-МОП).

Существует также смешанная технология BiCMOS.

Микросхемы на биполярных транзисторах:

РТЛ — резисторно-транзисторная логика (устаревшая, заменена на ТТЛ);

ДТЛ — диодно-транзисторная логика (устаревшая, заменена на ТТЛ);

ТТЛ — транзисторно-транзисторная логика — микросхемы сделаны из биполярных транзисторов с многоэмиттерными транзисторами на входе;

ТТЛШТТЛШ — транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки — интегрально-инжекционная логика.