

**О СОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКЕ
БАКАЛАВРОВ, СПЕЦИАЛИСТОВ И МАГИСТРОВ
на физико-техническом факультете НТУ «ХПИ» кафедрой
«Физическое материаловедение для электроники и гелиоэнергетики»,
созданной в апреле 1989 года и осуществлявшей предшествующую
трехуровневую подготовку студентов по одноименной специализации
в рамках специальности «Физическое материаловедение»**

Направление подготовки - 6.050801 “Микро- и наноэлектроника”.
Образовательно-квалификационный уровень - **бакалавр.**
Квалификация – **бакалавр микро- и наноэлектроники.**
Срок обучения – **4 года (8 семестров).**

Специальность - 7.05080101 “Микро- и наноэлектронные приборы и устройства”.
Образовательно-квалификационный уровень - **специалист.**
Квалификация – **инженер-электронщик.**
Срок обучения – **1,5 года (3 семестра).**

Специальность - 8.05080101 “Микро- и наноэлектронные приборы и устройства”
Образовательно-квалификационный уровень - **магистр.**
Квалификация – **магистр электроники.**
Срок обучения – **2 года (4 семестра).**

**Подготовка ведется с 2007/2008 учебного года.
В июне 2011 осуществлен первый выпуск бакалавров.**

**КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ ФМЭГ,
УЧАСТВУЮЩИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Профессора:

Хрипунов Геннадий Семенович, заведующий кафедрой, доктор технических наук.
Булгаков Алексей Александрович, доктор физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. ИРЭ НАНУ.

Доценты:

Копач Владимир Романович, кандидат техн. наук, ст. научн. сотр.
Клочко Наталья Петровна, кандидат техн. наук, ст. научн. сотр.
Мериуц Андрей Владимирович, кандидат физ.-мат. наук.
Шкалето Владимир Иванович, кандидат физ.-мат. наук.

Преподаватели:

Федорин Илья Валерьевич, ассистент, кандидат физ.-мат. наук.
Харченко Николай Михайлович, старший преподаватель, научн. сотр. НИЧ НТУ «ХПИ».
Зайцев Роман Валентинович, преподаватель-стажер.

Научные сотрудники:

Кириченко Михаил Валерьевич, кандидат техн. наук, научн. сотр. НИЧ НТУ «ХПИ».
Кудий Дмитрий Анатольевич, мл. научн. сотр. НИЧ НТУ «ХПИ».

СМЫСЛ ТЕРМИНОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ НАЗВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Электроника – это наука, во-первых, о формировании потоков заряженных частиц (электронов, ионов) и управлении ими в устройствах приема, обработки, хранения и передачи информации, в преобразователях неэлектрических величин в электрические и энергии из одних ее форм в другие, а, во-вторых, о методах создания электронных приборов и устройств, предназначенных для решения указанных выше и других задач, связанных, например, с автоматикой, медициной, бытовой техникой.

Возникла в начале XX века. Первоначально развивалась вакуумная электроника, на основе которой были созданы электровакуумные приборы. С конца 40-х годов прошлого века начала интенсивно развиваться твердотельная электроника – главным образом полупроводниковая, а с начала 60-х годов – одно из ее современных направлений – **микроэлектроника**. Дальнейшее качественно новое направление этой науки и ее прикладных аспектов, стартовавшее примерно 40 лет назад и интенсивно развивающееся в настоящее время, называется **нанoeлектроникой**, которая в значительной мере базируется на достижениях квантовой физики и современных нанотехнологий.

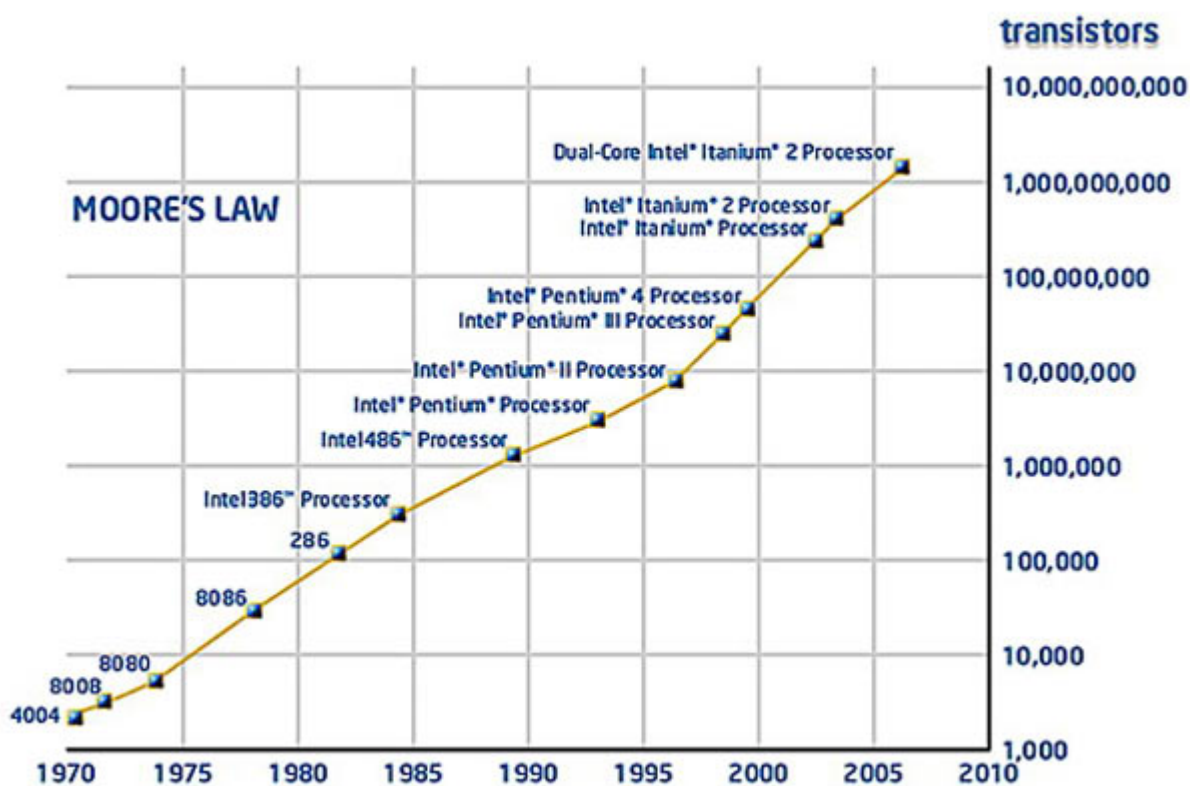
Микроэлектроника — подраздел электроники, связанный с изучением и производством электронных компонентов, с геометрическими размерами характерных элементов порядка нескольких микрометров и меньше.

Нанoeлектроника — область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания приборов и устройств с характерными топологическими размерами компонентов менее 100 нанометров.

Термин «нанoeлектроника» логически связан с термином «микроэлектроника» и отражает переход современной полупроводниковой электроники от элементов с характерным размером в микронной и субмикронной области к элементам с размером в нанометровой области. Этот процесс развития технологии отражает эмпирический закон Мура, который гласит, что количество транзисторов на кристалле удваивается каждые полтора-два года.

19 апреля 1965 года — **американский физик**, один из будущих основателей компании Intel **Гордон Мур** поделился наблюдениями за тем, как увеличивается число транзисторов в микропроцессорах. Оглядываясь на свой к тому времени уже десятилетний опыт работы в сфере микроэлектроники, Мур заметил, что плотность транзисторов на кристалле (например, квадратном сантиметре кремниевого монокристалла) удваивалась примерно каждые 18-24 месяца. То есть, каждые полтора - два года происходил качественный скачок на пути получения более мощных микросхем с одновременным снижением их себестоимости. Поначалу, как всякое наблюдение, эта

закономерность считалась эмпирическим правилом. Однако с тех пор время и гигантские темпы развития полупроводниковой отрасли превратили правило Мура в закон и сделали его основополагающим принципом в этой сфере.



В 70-х годах прошлого века минимальный контролируемый технологическими процессами размер составлял 2-8 мкм, в 80-х был уменьшен до 0,5-2 мкм. Некоторые экспериментальные образцы фотолитографического оборудования рентгеновского диапазона обеспечивали минимальный размер 0,18 мкм.

В 90-х годах, из-за нового витка «войны платформ», результаты новейших к этому моменту теоретических и лабораторных экспериментальных исследований по дальнейшей миниатюризации электронных приборов и устройств стали интенсивно внедряться в производство и быстро совершенствоваться. Вследствие указанного уровень процессоров (например, ранних Pentium и Pentium Pro), изготавливавшихся в начале 90-х по технологии 0,5-0,6 мкм (500—600 нм), быстро поднялся до 250—350 нм. Следующие процессоры (Pentium 2, K6-2+, Athlon) уже делали по технологии 180 нм.

В конце 90-х фирма Texas Instruments создала новую ультрафиолетовую технологию с минимальным контролируемым размером около 80 нм. Но достичь её в массовом производстве не удалось вплоть до недавнего времени. По состоянию на 2009 год технологии удалось обеспечить уровень производства вплоть до 90 нм.

Новые процессоры (сперва это был Core 2 Duo) делают по новой УФ-технологии 45 нм. Есть и другие микросхемы, давно достигшие и превысившие данный уровень (в частности, видеопроцессоры и флеш-память фирмы Samsung — 40 нм). Тем не менее дальнейшее развитие технологии вызывало всё больше трудностей. Обещания фирмы Intel по переходу на уровень 30 нм уже к 2006 году к указанному сроку не сбылись.

По состоянию на 2009 год альянс ведущих разработчиков и производителей микросхем работал над технологическим процессом 32 нм.

В 2010 году в розничной продаже уже появились процессоры, разработанные по 32-х нм технологическому процессу.

Например, последние версии процессоров Itanium, 9300 Tukwila, содержат 2 миллиарда транзисторов на кристалле площадью около 1 см².

В мае 2011 года фирмой Altera по 28 нм техпроцессу была выпущена самая большая в мире микросхема, состоящая из 3,9 млрд транзисторов.

Таблица – Эволюция полупроводниковых микросхем и процессоров в рамках пятого периода развития электроники

Годы	70-е	80-е	90-95	96-99	2006	2010	2011
Типы микросхем и процессоров, фирмы	4004 – 4086	286 – Intel 486	Pentium - Athlon	Pentium II Pentium 4	Core 2 Duo	<u>Itanium</u>	<u>Altera</u>
Количество транзисторов на кристалле	3-60 тыс.	100 тыс.– 1 млн.	5-8 млн.	10-80 млн.	1 млрд.	2 млрд.	3,9 млрд.
Характерные планарные размеры, нм	2000-8000	500-2000	180-600	100-160	40-45	32	28

В настоящее время на стадии научно-исследовательской опытно-конструкторской разработки (НИОКР) находится технологический процесс 18-22 нм, на стадии научно-исследовательской разработки (НИР) – технологический процесс 10-14 нм.

Однако принципиально новая особенность наноэлектроники связана с тем, что для элементов таких размеров начинают преобладать квантовые эффекты. Появляется новая номенклатура свойств, открываются новые заманчивые перспективы их использования. Если при переходе от микро- к наноэлектронике квантовые эффекты во многом являются паразитными, (например, работе классического транзистора при уменьшении размеров начинает мешать туннелирование носителей заряда), то электроника, использующая квантовые эффекты, — это уже основа новой, так называемой наногетероструктурной электроники.

Полупроводниковый прибор – конструктивно оформленный как единое целое элемент электронной схемы, действие которого основано на использовании свойств базовой полупроводниковой структуры.

Полупроводниковое устройство – совокупность взаимодействующих полупроводниковых приборов в едином конструктивном исполнении, обеспечивающая решение конкретной технической задачи.

Микросхема (интегральная, ИС, ИМС, БИС, СБИС) - микроэлектронное устройство — электронная схема произвольной сложности, изготовленная в едином технологическом процессе на полупроводниковом кристалле (или плёнке) и помещённая в неразборный корпус, или без такового.

Примеры иерархии полупроводниковых устройств

Пример 1. Фотоэлектрическая солнечная батарея (ФСБ, состоящая из приборов – фотоэлектрических преобразователей - ФЭП) $\Rightarrow$ Фотоэлектрическая солнечная электростанция (ФСЭС), состоящая из совокупности взаимодействующих ФСБ.

Пример 2. СБИС (состоящая из совокупности микроминиатюрных полупроводниковых приборов) $\Rightarrow$ Электронный модуль (узел, блок), состоящий из совокупности взаимодействующих СБИС $\Rightarrow$ Системный блок персонального компьютера, включающий совокупность взаимодействующих электронных модулей со СБИС.

ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ВНИМАНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКНИКОВ КАФЕДРЫ ФМЭГ СОСРЕДОТОЧЕНО НА ПРИБОРАХ И УСТРОЙСТВАХ, С ПОМОЩЬЮ КОТОРЫХ РЕШАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ АКТУАЛЬНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ

1. Автономное и централизованное снабжение потребителей экологически чистой солнечной электроэнергией.
2. Генерация и регистрация потоков электромагнитного излучения в ИК, видимой и УФ областях спектра.
3. Преобразование неэлектрических величин в электрические сигналы.
4. Защита входных цепей СВЧ аппаратуры от повреждающих электромагнитных импульсов различного происхождения.
5. Прием, обработка, накопление, хранение и передача информации.