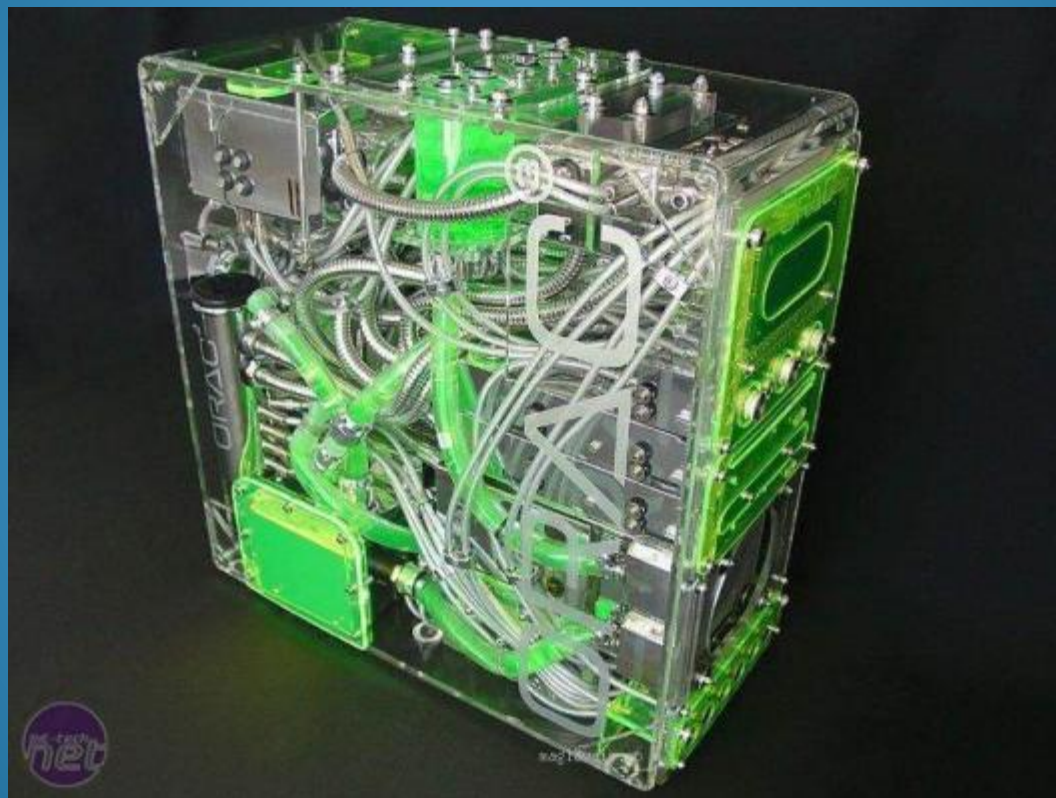


# Процессоры



# История создания процессора

- Первые процессоры компьютеров 50-х гг. прошлого века работали на основе механического реле, позже появлялись модели, задействовавшие электронные лампы, затем — транзисторы. Сами же компьютеры, использующие данные виды процессоров, представляли собой огромные, очень дорогие и сложные устройства.
- Компоненты процессора, отвечающие за производимые вычисления, необходимо было соединить в одну микросхему. Этого удалось достигнуть лишь после появления интегральных полупроводниковых схем. Хотя в первое время разработчики даже и не догадывались, что данная технология может принести пользу, поэтому устройства еще довольно продолжительное время изготавливались как набор отдельных микросхем.



# Первый процессор

Первым в мире компьютером был американский программируемый компьютер, который разработал и построил в 1941 году гарвардский математик Говард Эйксон при сотрудничестве четырёх инженеров компании IBM, по заказу которой компьютер и разрабатывался. Компьютер был создан на основе идей Чарльза Бэббиджа.



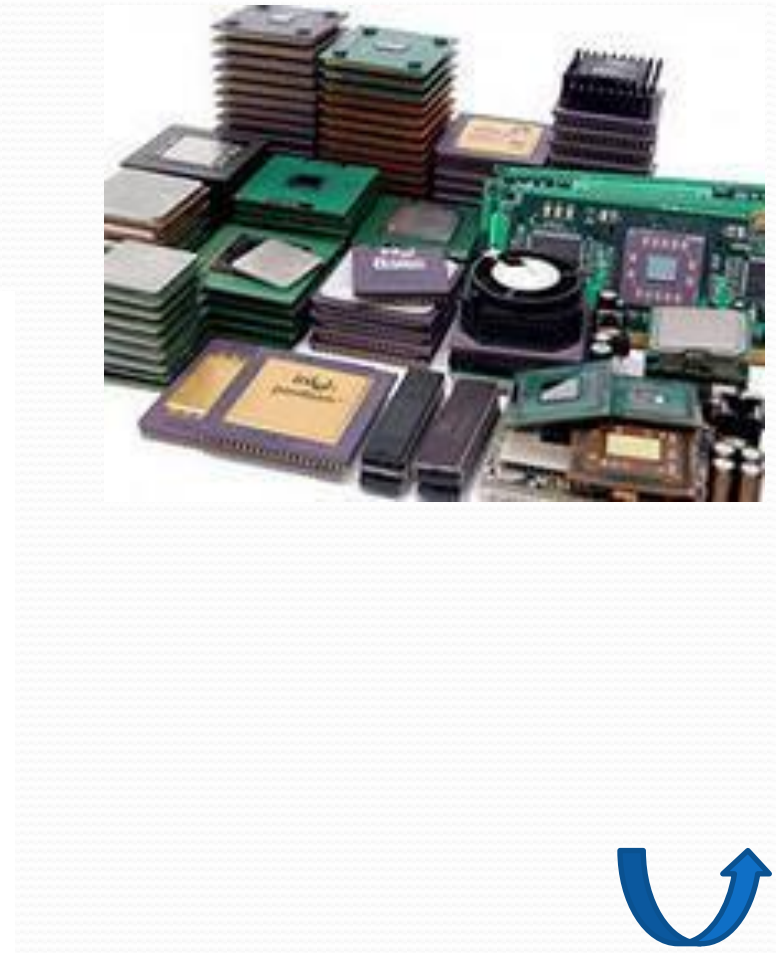
Официальный запуск самого первого в мире компьютера под названием «Марк 1» был проведён после успешных тестов 7 августа 1944 года. Компьютер расположили в стенах Гарвардского университета.



## Виды процессоров

Промышленность производит несколько десятков видов процессоров, которые предназначены для решения различных универсальных и специализированных задач.

1. Центральный процессор
2. Графический процессор
3. Физический процессор
4. Цифровой сигнальный процессор
5. Сетевой процессор
6. Звуковой процессор



# Центральный процессор



В современном компьютере может быть один или несколько *Центральных процессоров* и *Графический процессор*. *Центральный процессор (ЦП)* является наиболее распространённым термином. Зачастую под термином *процессор* подразумевается именно *Центральный процессор*. В англоязычной литературе для обозначения центрального процессора используются термины *CPU* или *Central Processing Unit*, что дословно можно перевести как основное вычислительное устройство. Вычислительная система, в которой работает несколько центральных процессоров и единое адресное пространство, называется многопроцессорной.



# Графический процессор



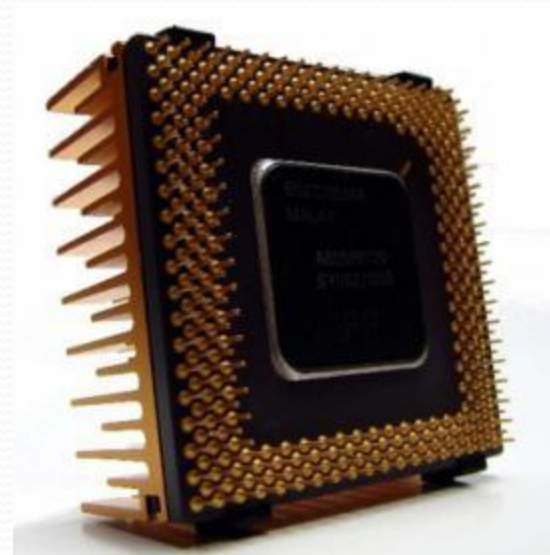
В отношении *Графического процессора (ГП)* в англоязычной литературе используется термин *Graphics Proccesing Unit* (англ.: *GPU*). Графический процессор выполняет специфические функции по обработке графической информации. Он обычно монтируется на видеокарте или материнской плате. Как правило, в литературе центральный и графический процессоры обозначают сокращённо термином *процессор*, однако из контекста документа ясно о каком конкретном виде процессора идёт речь.



## Физический процессор



Физический процессор (англ.: *Physics Processing Unit, PPU*) – специализированный процессор, предназначен для выполнения математических вычислений при моделировании различных физических процессов, таких как расчёт динамики тел, обнаружение столкновений и пр.



# Цифровой сигнальный процессор



Цифровой сигнальный процессор (сигнальный микропроцессор, СМП; процессор цифровых сигналов, ПЦС) — специализированный микропроцессор, предназначенный для цифровой обработки сигналов (обычно в реальном масштабе времени). Данное понятие в англоязычной литературе обозначается термином *Digital signal processor (DSP)*





## Сетевой процессор



*Сетевой процессор* (англ.: *network processor*) – это микропроцессор, размещаемый в сетевых устройствах, выполняющий специализированные операции, которые востребованы при передаче данных по сетям. Как правило, сетевой процессор размещается в сетевом устройстве: сетевых платах, маршрутизаторах, коммутаторах и пр.



## Звуковой процессор



В различных современных музыкальных системах применяются *Звуковые сигнальные процессоры (ЗСК)* или просто *Звуковые процессоры (ЗП)*, которые обрабатывают звуки и музыку, например, создают эффект эха. В англоязычной литературе для обозначения таких устройств применяют термин *Audio signal processor* или *audio processor*. Следует особенно отметить, что существует близкий термин – *микросхема звукогенератора* или *программируемый генератор звука (ПГЗ)*, которому в английском языке соответствует термин *sound chip*. Данные устройства не всегда можно называть процессорами, хотя такая практика и распространена.

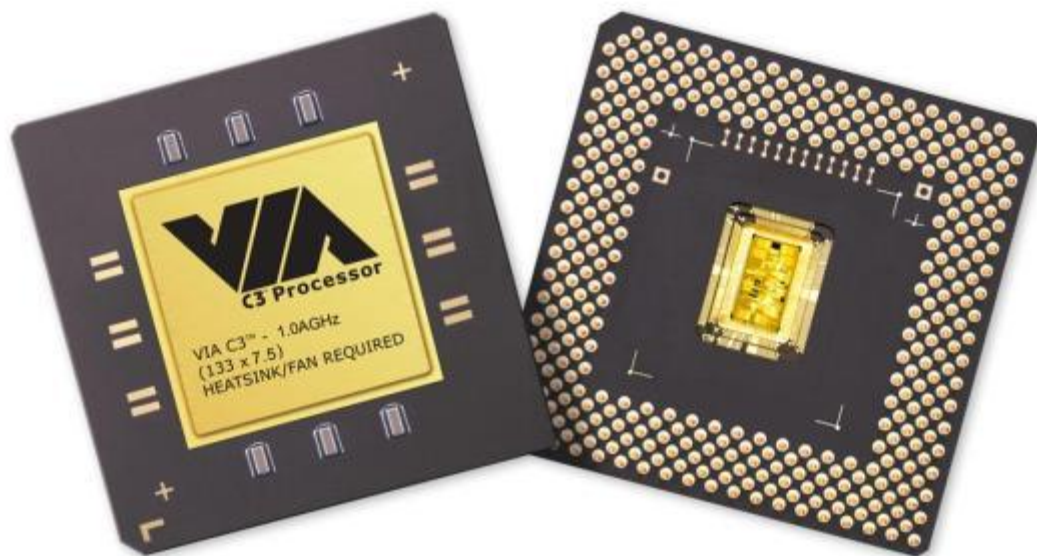


# Как делают процессоры

- Сложно в это поверить, но современный процессор является самым сложным готовым продуктом на Земле – а ведь, казалось бы, чего сложного в этом куске железа?
- Итак, когда фабрика для производства процессоров по новой технологии построена, у нее есть 4 года на то, чтобы окупить вложенные средства (более \$5млрд) и принести прибыль.
- Из несложных секретных расчетов получается, что фабрика должна производить не менее 100 работающих пластин в час. Вкратце процесс изготовления процессора выглядит так: из расплавленного кремния на специальном оборудовании выращивают монокристалл цилиндрической формы.



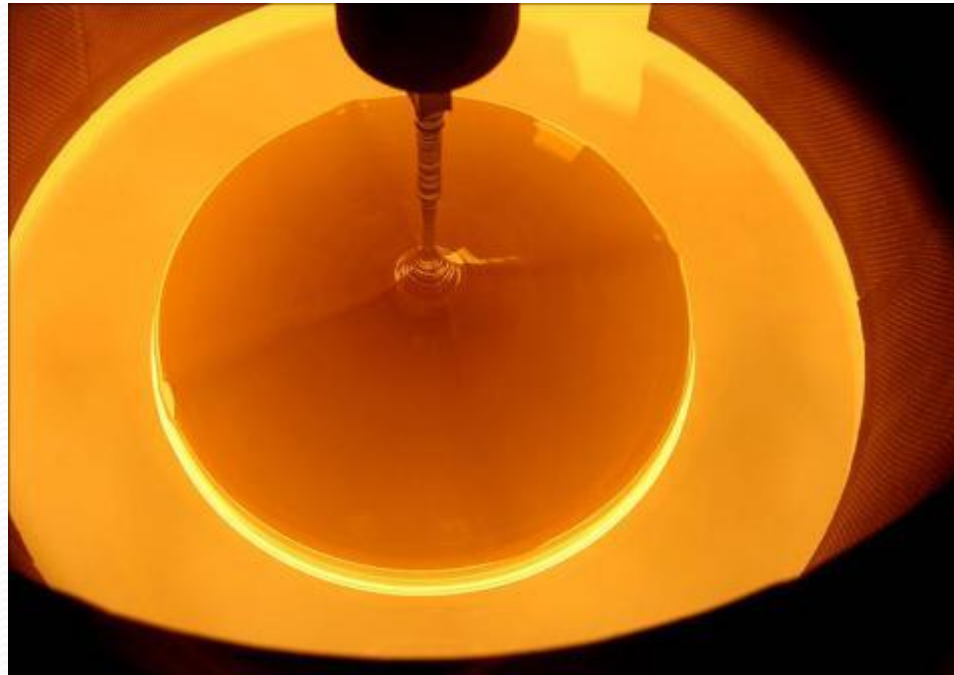
- Получившийся слиток охлаждают и режут на «блины», поверхность которых тщательно выравнивают и полируют до зеркального блеска.
- Затем в «чистых комнатах» полупроводниковых заводов на кремниевых пластинах методами фотолитографии и травления создаются интегральные схемы.
- После повторной очистки пластин, специалисты лаборатории под микроскопом производят выборочное тестирование процессоров – если все «ОК», то готовые пластины разрезают на отдельные процессоры, которые позже заключают в корпуса.



## Уроки химии

Давайте рассмотрим весь процесс более подробно. Содержание кремния в земной коре составляет порядка 25-30% по массе, благодаря чему по распространённости этот элемент занимает второе место после кислорода.

- Песок, особенно кварцевый, имеет высокий процент содержания кремния в виде диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) и в начале производственного процесса является базовым компонентом для создания полупроводников.



- Первоначально берется  $\text{SiO}_2$  в виде песка, который в дуговых печах (при температуре около  $1800^\circ\text{C}$ ) восстанавливают коксом:
- $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$  Такой кремний носит название «**технический**» и имеет чистоту 98-99.9%. Для производства процессоров требуется гораздо более чистое сырье, называемое «**электронным кремнием**» — в таком должно быть не более одного чужеродного атома на миллиард атомов кремния.
- Для очистки до такого уровня, кремний буквально «рождается заново». Путем хлорирования технического кремния получают тетрахлорид кремния ( $\text{SiCl}_4$ ), который в дальнейшем преобразуется в трихлорсилан ( $\text{SiHCl}_3$ ):
- $3\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 + \text{Si} \leftrightarrow 4\text{SiHCl}_3$  Данные реакции с использованием рецикла образующихся побочных кремнийсодержащих веществ снижают себестоимость и устраняют экологические проблемы:
- $2\text{SiHCl}_3 \leftrightarrow \text{SiH}_2\text{Cl}_2 + \text{SiCl}_4$   
 $2\text{SiH}_2\text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{SiH}_3\text{Cl} + \text{SiHCl}_3$   
 $2\text{SiH}_2\text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{SiH}_3 + \text{SiH}_2\text{Cl}_2$   
 $\text{SiH}_3 \leftrightarrow \text{Si} + 2\text{H}_2$

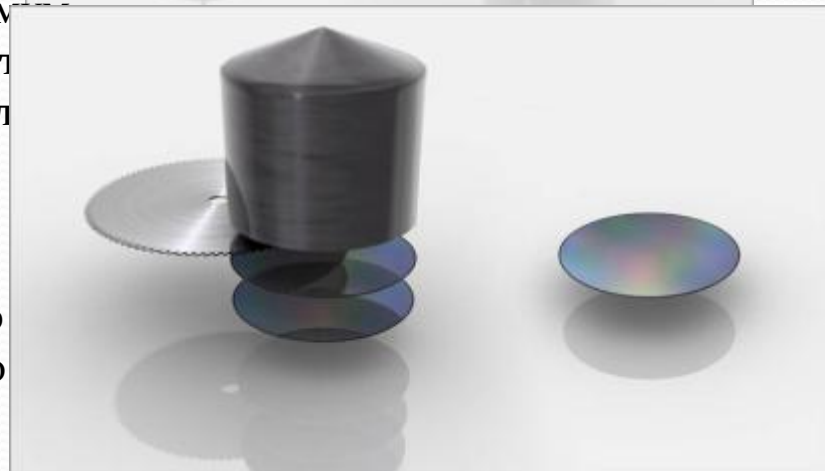


- Получившийся в результате водород можно много где использовать, но самое главное то, что был получен «электронный» кремний, чистый-пречистый (99,999999%). Чуть позже в расплав такого кремния опускается затравка («точка роста»), которая постепенно вытягивается из тигля.
- В результате образуется так называемая «буля» — монокристалл высотой со взрослого человека. Вес соответствующий — на производстве такая дуля весит порядка 100 кг.

Слиток шкурят «нулёвкой» :) и режут алмазной пилой. На выходе – пластины (кодовое название «вафля») толщиной около 1 мм и диаметром 300 мм (~12 дюймов; именно такие используются для техпроцесса в 32нм с технологией HKMG, High-K/Metal Gate).

Когда-то давно Intel использовала диски диаметром 50мм (2"), а в ближайшем будущем уже планируется переход на пластины с диаметром в 450мм – это оправдано как минимум с точки зрения снижения затрат на производство чипов. К слову об экономии — все эти кристаллы выращиваются вне Intel; для процессорного производства они закупаются в другом месте.

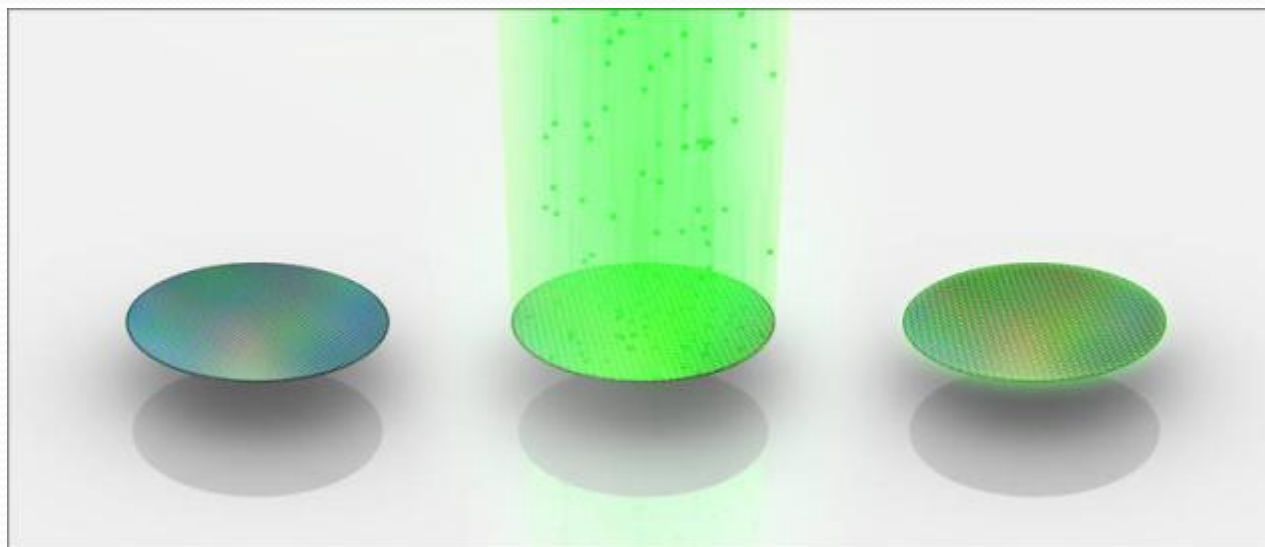
Каждую пластину полируют, делают идеально ровной, доводя ее поверхность до зеркального блеска.



## Фотолитография

Проблема решается с помощью технологии фотолитографии — процесса избирательного травления поверхностного слоя с использованием защитного фотошаблона. Технология построена по принципу «свет-шаблон-фоторезист» и проходит следующим образом:

- На кремниевую подложку наносят слой материала, из которого нужно сформировать рисунок. На него наносится **фоторезист** — слой полимерного светочувствительного материала, меняющего свои физико-химические свойства при облучении светом.
- Производится **экспонирование** (освещение фотослоя в течение точно установленного промежутка времени) через фотошаблон
- Удаление отработанного фоторезиста. Нужная структура рисуется на фотошаблоне — как правило, это пластинка из оптического стекла, на которую фотографическим способом нанесены непрозрачные области. Каждый такой шаблон содержит один из слоев будущего процессора, поэтому он должен быть очень точным и практичным.





- Иной раз осадить те или иные материалы в нужных местах пластины просто невозможно, поэтому гораздо проще нанести материал сразу на всю поверхность, убрав лишнее из тех мест, где он не нужен — на изображении выше синим цветом показано нанесение фоторезист.

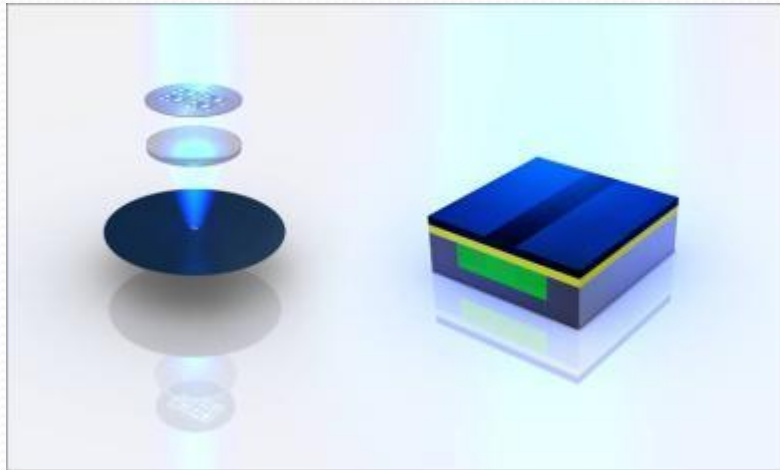
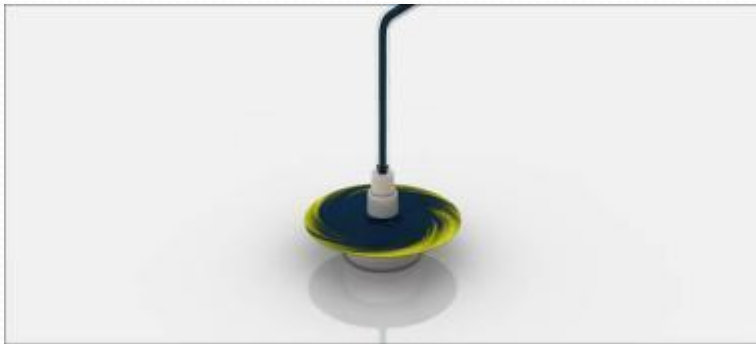
Пластина облучается потоком ионов (положительно или отрицательно заряженных атомов), которые в заданных местах проникают под поверхность пластины и изменяют проводящие свойства кремния (зеленые участки — это внедренные чужеродные атомы).

Как изолировать области, не требующие последующей обработки?

- Перед литографией на поверхность кремниевой пластины (при высокой температуре в специальной камере) наносится защитная пленка диэлектрика – как я уже рассказывал, вместо традиционного диоксида кремния компания Intel стала использовать High-K-диэлектрик.
- Он толще диоксида кремния, но в то же время у него те же емкостные свойства. Более того, в связи с увеличением толщины уменьшен ток утечки через диэлектрик, а как следствие – стало возможным получать более энергоэффективные процессоры.
- В общем, тут гораздо сложнее обеспечить равномерность этой пленки по всей поверхности пластины — в связи с этим на производстве применяется высокоточный температурный контроль.

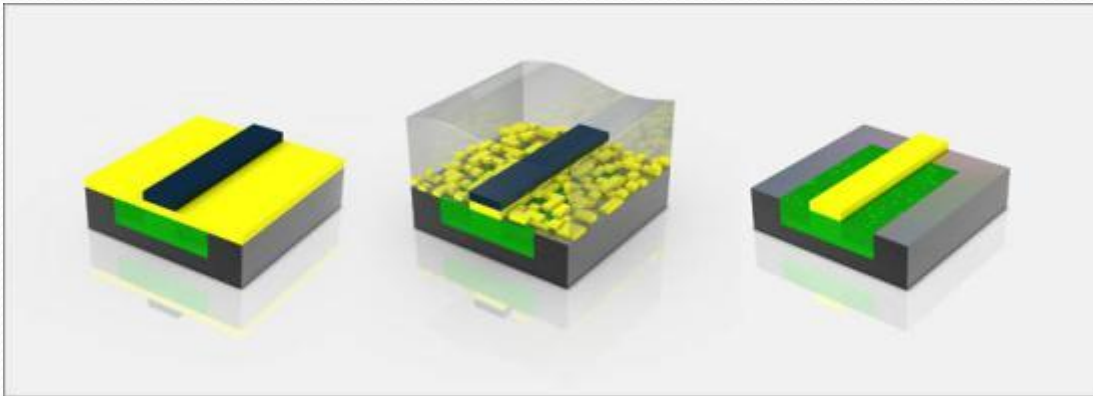


- Так вот. В тех местах, которые будут обрабатываться примесями, защитная пленка не нужна – её аккуратно снимают при помощи травления (удаления областей слоя для формирования многослойной структуры с определенными свойствами).
- А как снять ее не везде, а только в нужных областях? Для этого поверх пленки необходимо нанести еще один слой фоторезист – за счет центробежной силы вращающейся пластины, он наносится очень тонким слоем.



В фотографии свет проходит через негативную пленку, падает на поверхность фотобумаги и меняет ее химические свойства. В фотолитографии принцип схожий: свет пропускается через фотошаблон на фоторезист, и в тех местах, где он прошел через маску, отдельные участки фоторезиста меняют свойства. Через маски пропускается световое излучение, которое фокусируется на подложке. Для точной фокусировки необходима специальная система линз или зеркал, способная не просто уменьшить, изображение, вырезанное на маске, до размеров чипа, но и точно спроецировать его на заготовке. Напечатанные пластины, как правило, в четыре раза меньше, чем сами маски.

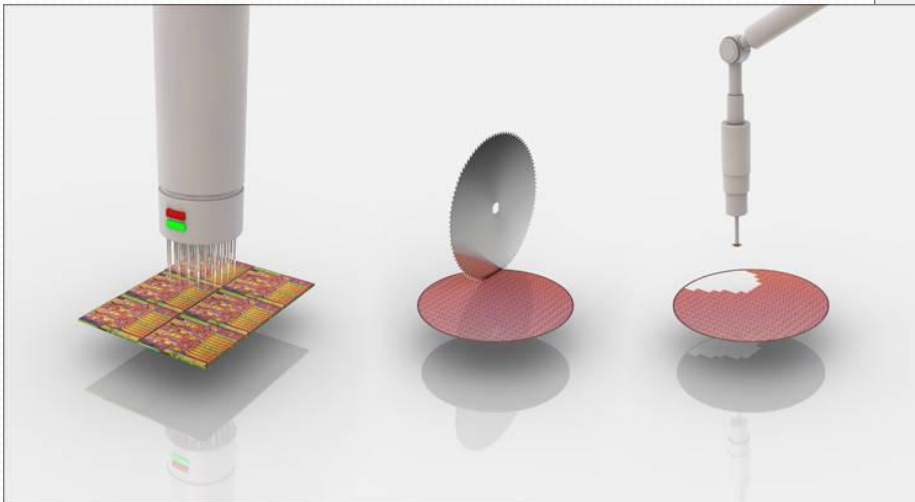
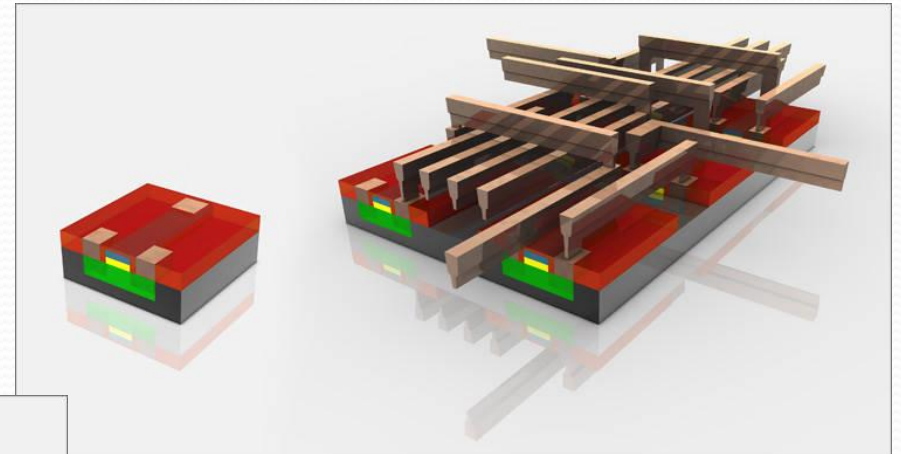
- Весь отработанный фоторезист (изменивший свою растворимость под действием облучения) удаляется специальным химическим раствором – вместе с ним растворяется и часть подложки под засвеченным фоторезистор. Часть подложки, которая была закрыта от света маской, не растворится.
- Она образует проводник или будущий активный элемент – результатом такого подхода становятся различные картины замыканий на каждом слое микропроцессора.



Собственно говоря, все предыдущие шаги были нужны для того, чтобы создать в необходимых местах полупроводниковые структуры путем внедрения донорной (n-типа) или акцепторной (p-типа) примеси.

- Самое сложное позади. Осталось хитрым способом соединить «остатки» транзисторов — принцип и последовательность всех этих соединений (шин) и называется процессорной архитектурой.
- Для каждого процессора эти соединения различны – хоть схемы и кажутся абсолютно плоскими, в некоторых случаях может использоваться до 30 уровней таких «проводов».
- Отдаленно (при очень большом увеличении) все это похоже на футуристическую дорожную развязку – и ведь кто-то же эти клубки проектирует!

Когда обработка пластин завершена, пластины передаются из производства в монтажно-испытательный цех. Там кристаллы проходят первые испытания, и те, которые проходят тест (а это подавляющее большинство), вырезаются из подложки специальным устройством.

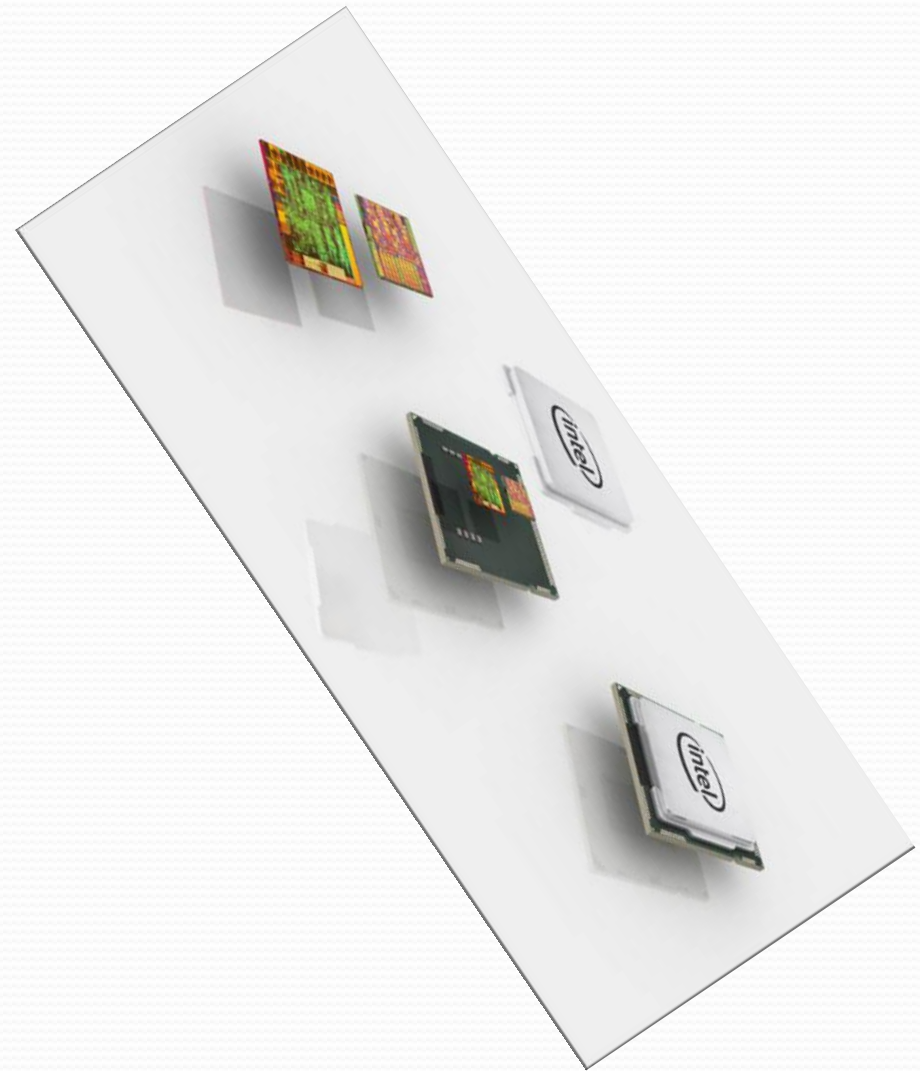


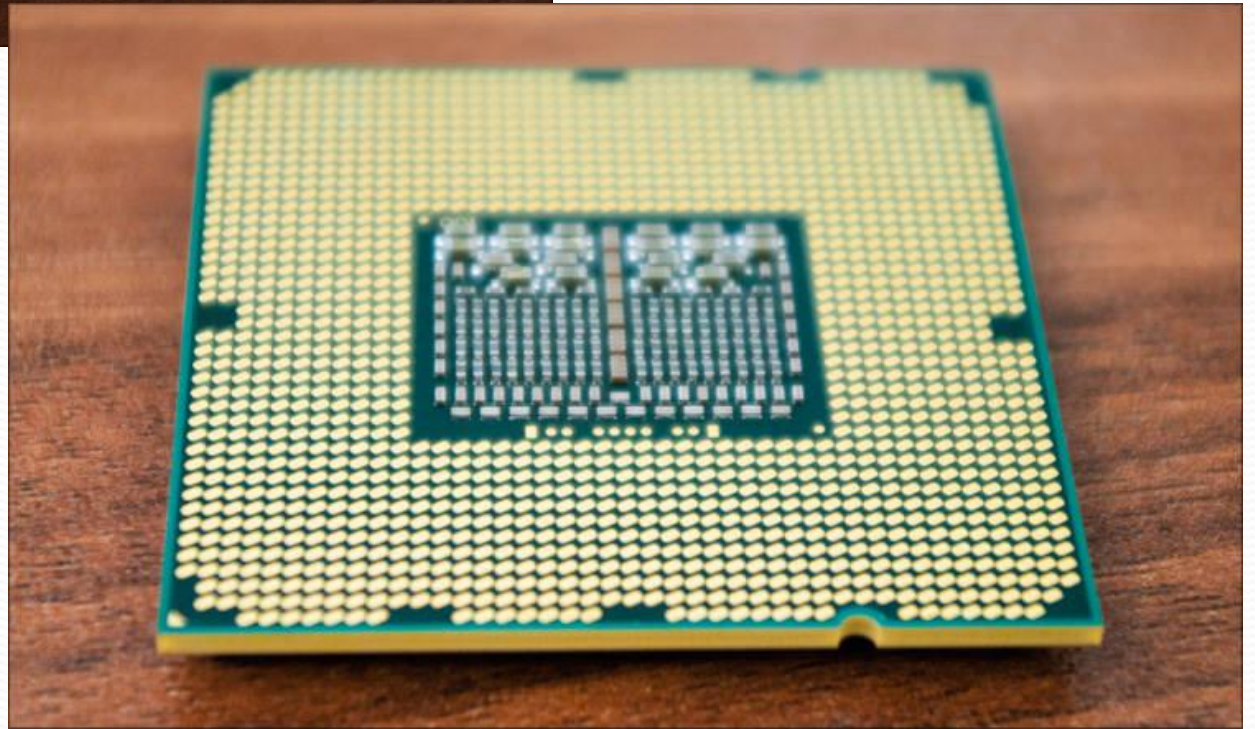
На следующем этапе процессор упаковывается в подложку

Подложка, кристалл и теплораспределительная крышка соединяются вместе – именно этот продукт мы будем иметь ввиду, говоря слово «процессор».

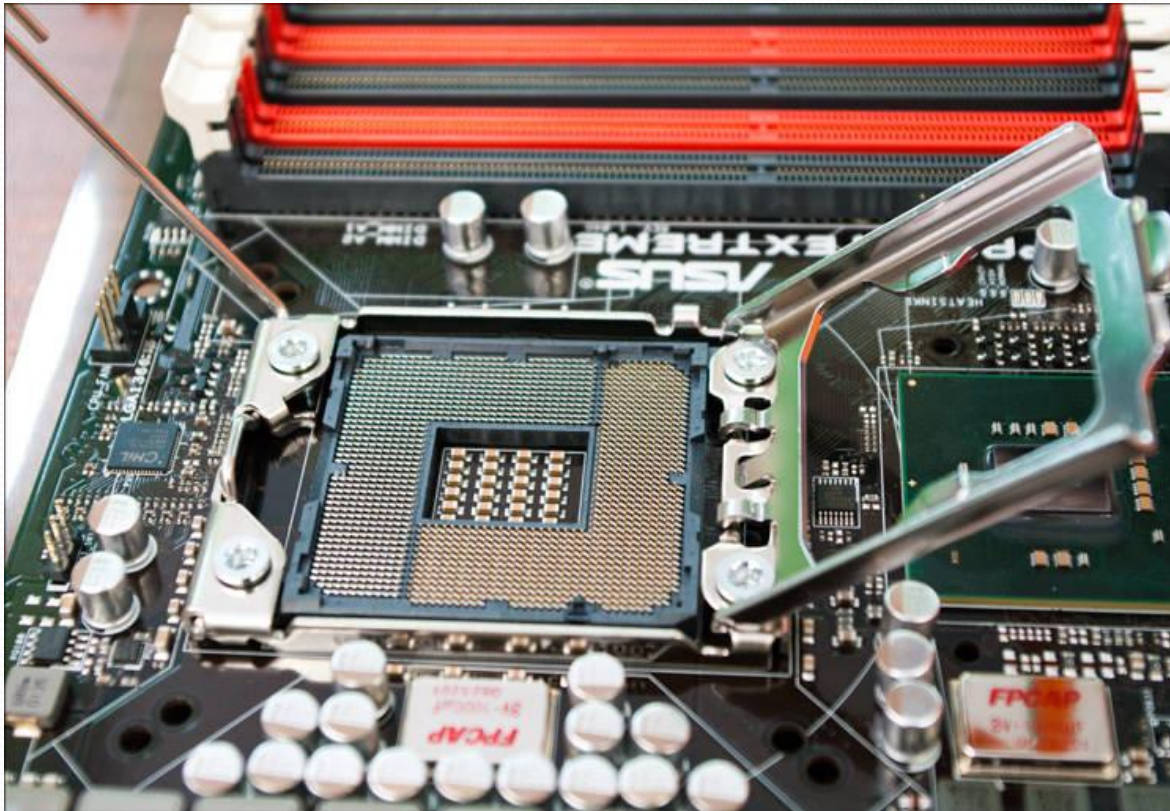
Зеленая подложка создает электрический и механический интерфейс (для электрического соединения кремниевой микросхемы с корпусом используется золото), благодаря которому станет возможным установка процессора в сокет материнской платы – по сути, это просто площадка, на которой разведены контакты от маленького чипа.

Теплораспределительная крышка является термоинтерфейсом, охлаждающим процессор во время работы – именно к этой крышке будут примыкать система охлаждения, будь то радиатор кулера или здоровый водоблок.





- Сокет (разъём центрального процессора) — гнездовой или щелевой разъём, предназначенный для установки центрального процессора.
- Использование разъёма вместо прямого распайвания процессора на материнской плате упрощает замену процессора для модернизации или ремонта компьютера.
- Разъём может быть предназначен для установки собственно процессора или CPU-карты (например, в Pegasos). Каждый разъём допускает установку только определённого типа процессора или CPU-карты.



- На завершающем этапе производства готовые процессоры проходят финальные испытания на предмет соответствия основным характеристикам – если все в порядке, то процессоры сортируются в нужном порядке в специальные лотки – в таком виде процессоры уйдут производителям или поступят в OEM-продажу.
- Еще какая-то партия пойдет на продажу в виде BOX-версий – в красивой коробке вместе со стоковой системой охлаждения.





## Источники

[http://www.thg.ru/cpu/intel\\_cpu\\_history/index.html](http://www.thg.ru/cpu/intel_cpu_history/index.html)

<http://www.gpntb.ru/win/book/3/Doc6.HTML>

[http://proc.ucoz.ru/index/vidy\\_processorov/o-31](http://proc.ucoz.ru/index/vidy_processorov/o-31)

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%F0%EE%F6%E5%F1%F1%EE%F0>

[http://www.referat-web.ru/block\\_big.html](http://www.referat-web.ru/block_big.html)

<http://antonkozlov.ru/istoriya/istoriya-processorov.html>

<http://images.yandex.ru>

<http://kkg.by/kompyuternye-azy/17-vidy-kompyuterov-tipy-kompyuterov-c-hem-otlichaetsya-noutbuk-ot-netbuka.html>

<http://www.lingvoinfo.com/?link=104>