

# ПРОИЗВОДСТВО ПРОЦЕССОРОВ

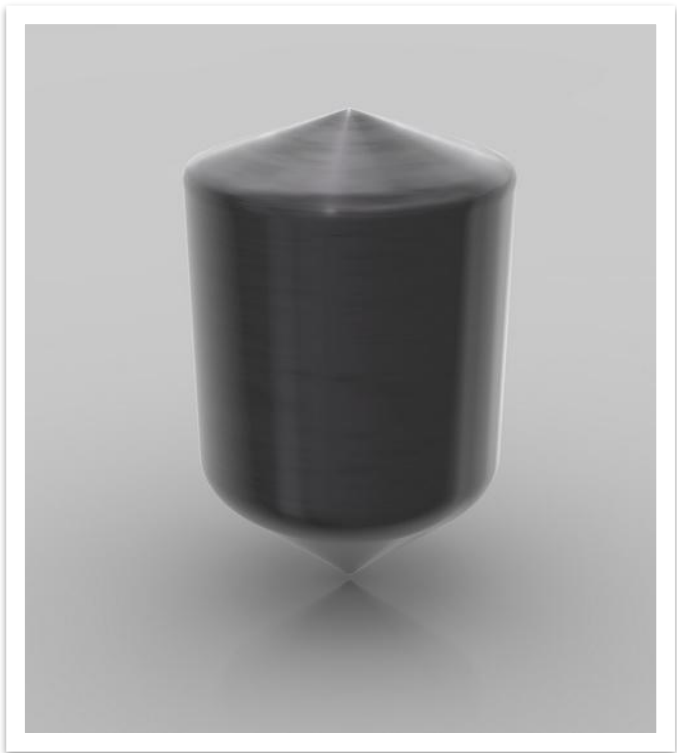




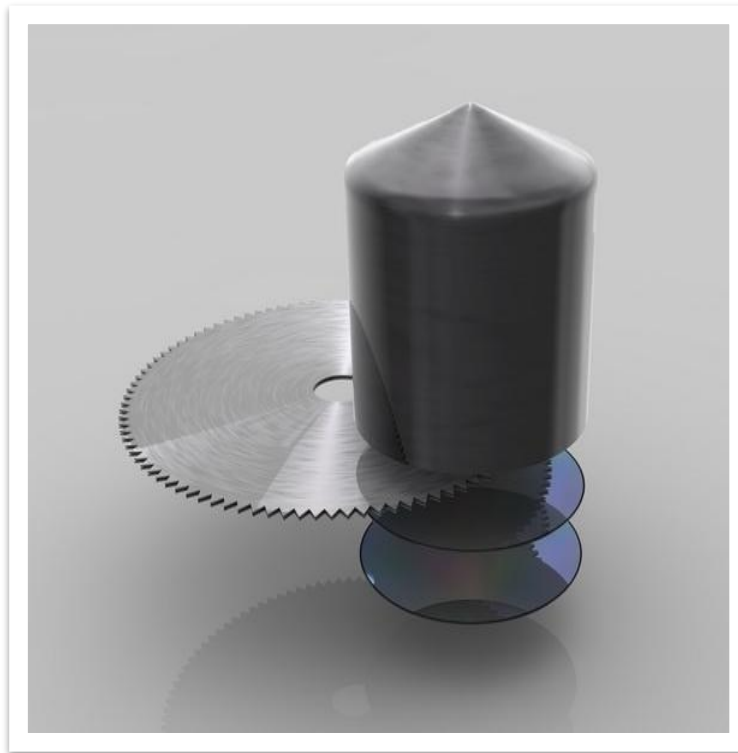
Песок... **Кремний**, после кислорода, является самым распространённым химическим элементом в земной коре (25% по массе). Песок, а особенно кварц, содержит большой процент диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), который является базовым ингредиентом для производства полупроводников.



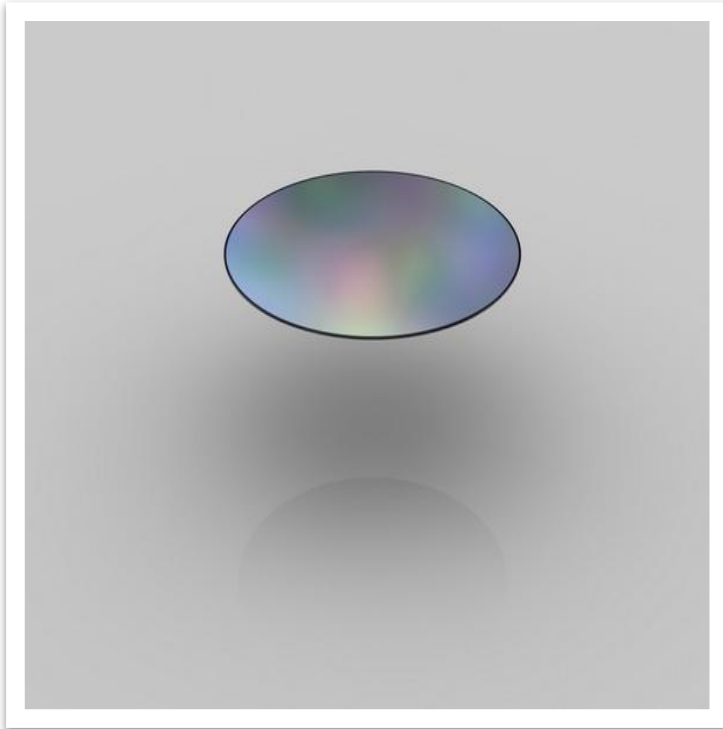
После добычи песка происходит очистка кремния от примесей - кремний очищается **в несколько этапов**, чтобы достичь достаточного качества для производства **полупроводников** - его называют кремний полупроводниковой чистоты. Он настолько очищен от примесей, что допускается только один чужеродный атом на каждый миллиард атомов кремния. После процесса очистки начинается фаза плавления кремния. На фотографии выше можно видеть крупный кристалл, выросший из расплавленного очищенного кремния.



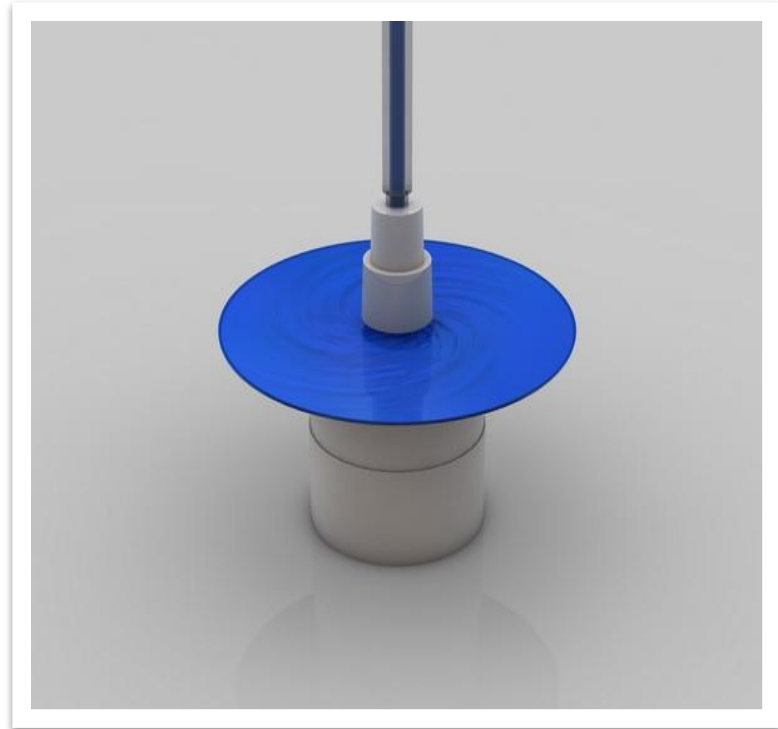
Получившаяся болванка монокристалла весит около **100 килограмм**, чистота кремния составляет 99,9999 процентов.



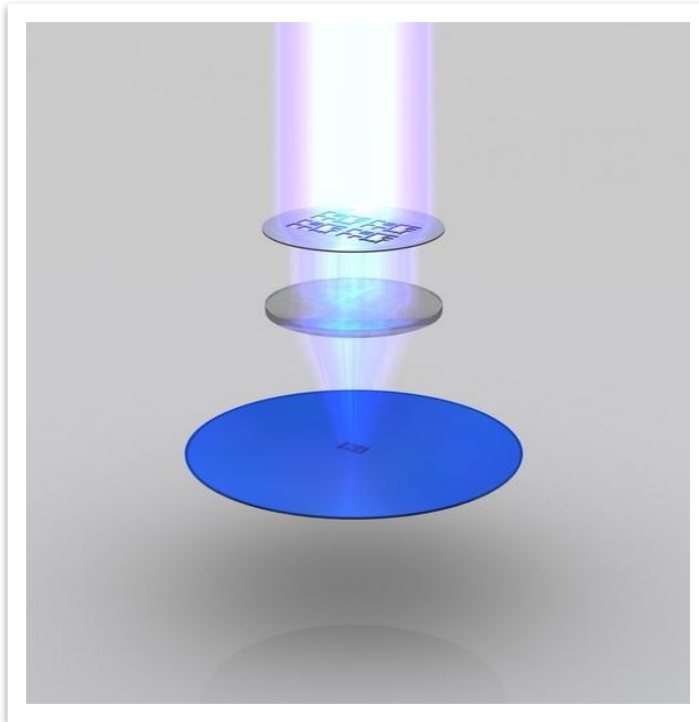
Затем болванка переходит на стадию пиления, когда из неё вырезаются тонкие отдельные диски кремния, называемые **подложками**. Кстати, некоторые болванки бывают выше полутора метров. Монокристаллы выращивают разного диаметра - всё зависит от нужного диаметра подложек. Сегодня процессоры изготавливаются из **300 мм подложек**.



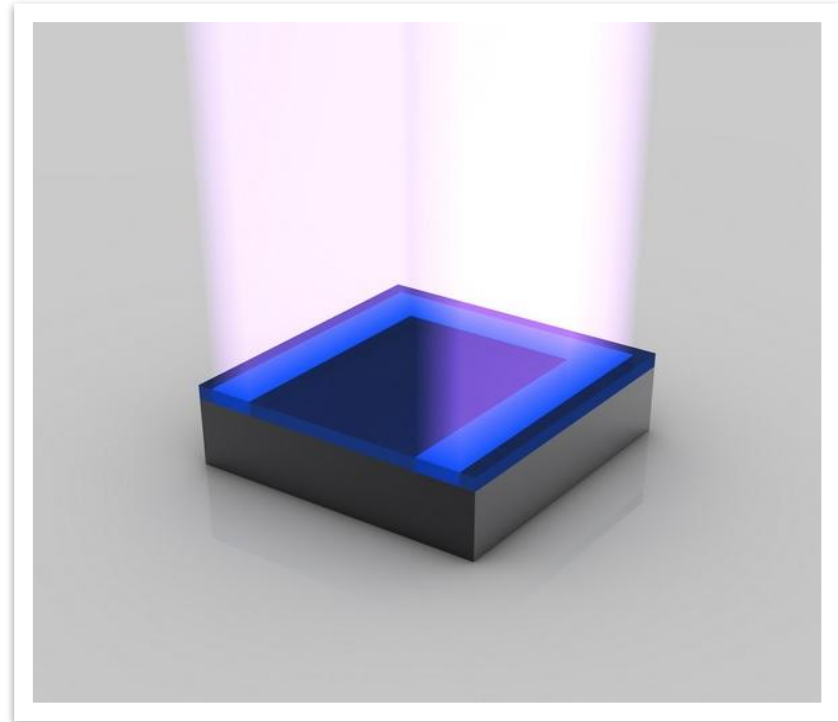
После вырезания подложки полируются, пока их поверхность не достигнет зеркально гладкого состояния. **Intel** не производит подложки и болванки самостоятельно, вместо этого закупая подложки у сторонних компаний.



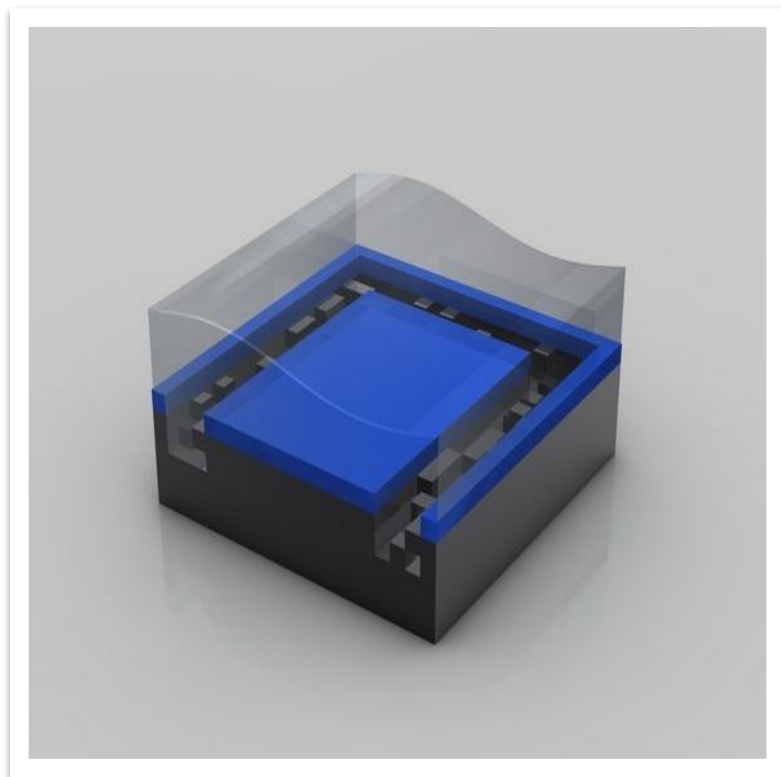
Голубая жидкость, показанная выше, формирует фоторезистивный слой, наподобие того, что используется в фотоплёнке. Подложка во время нанесения жидкости вращается, что позволяет получить равномерное покрытие, которое и гладкое, и очень тонкое.



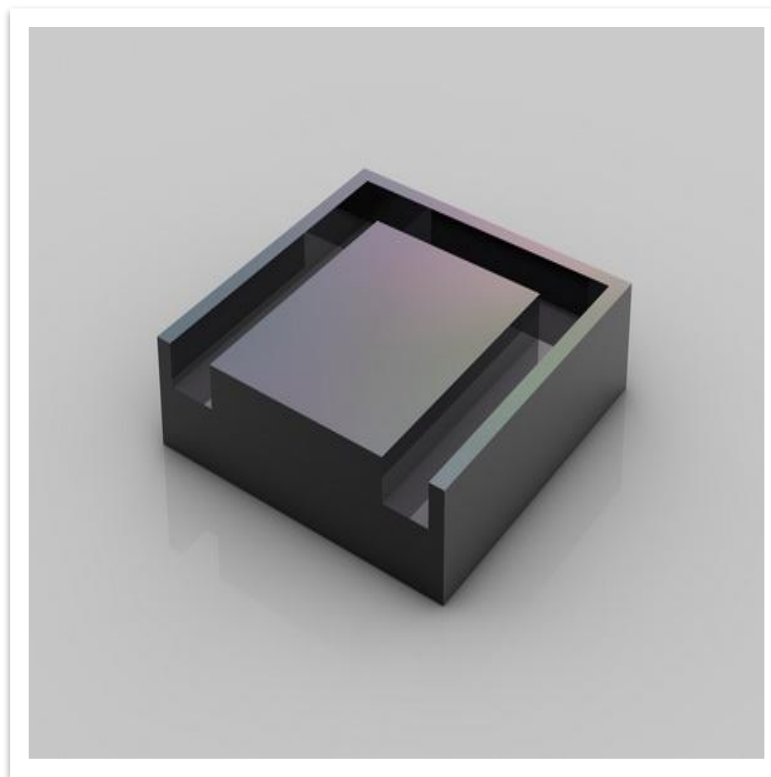
Затем подложка с фоторезистивным слоем подвергается облучению **ультрафиолетом**. Химическая реакция, которая происходит в слое под воздействием ультрафиолета, очень похожа на реакцию в плёнке, когда вы щёлкаете затвором фотоаппарата.



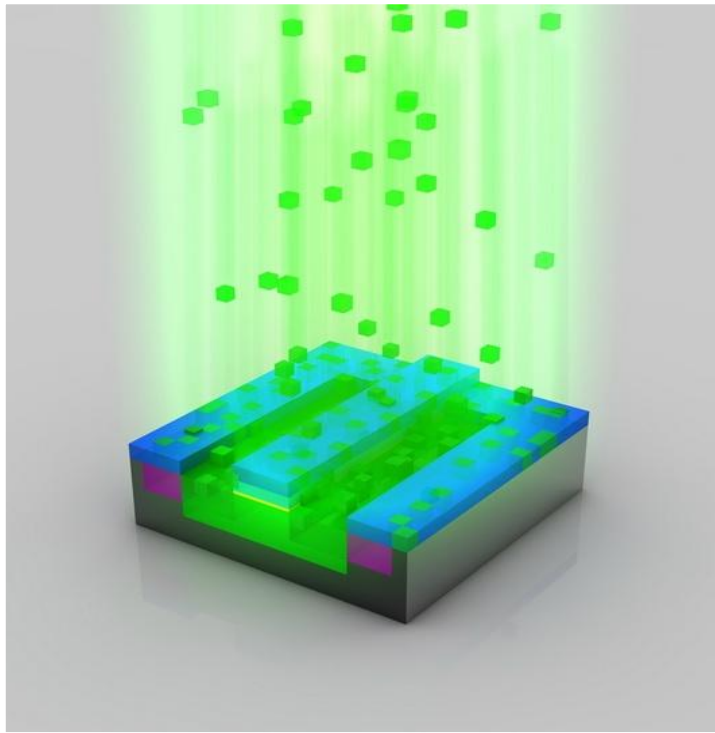
На иллюстрации выше показан один **транзистор** так, если бы мы могли видеть его невооружённым глазом. Транзистор работает как переключатель, управляя течением электрического тока в компьютерном микропроцессоре. Инженеры Intel разработали настолько маленькие транзисторы, что на кончике иголки их умещается **около 30 миллионов**.



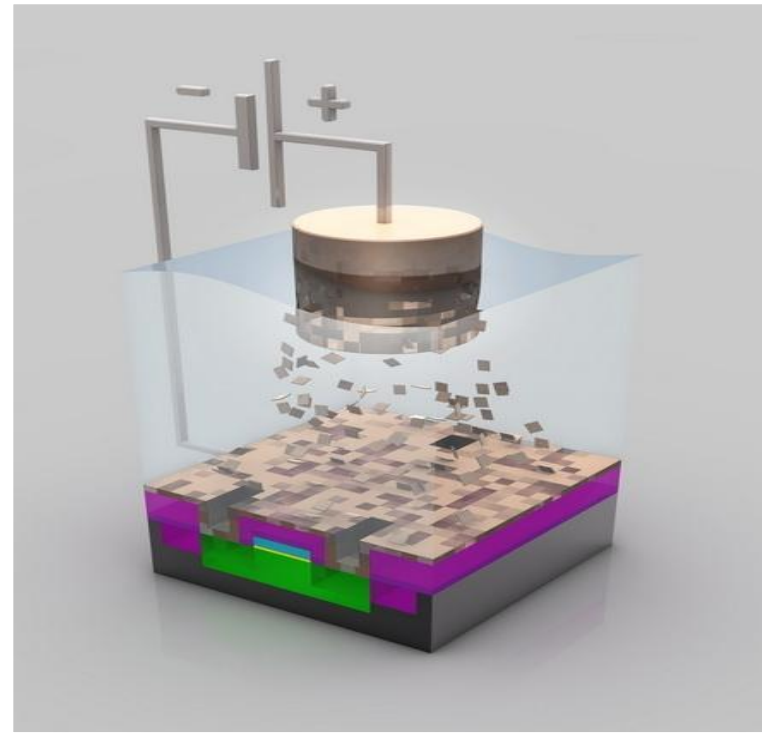
**Фоторезистивный слой** защищает материалы подложки, которые не должны быть вытравлены. А облученные области вытравливаются с помощью химикатов.



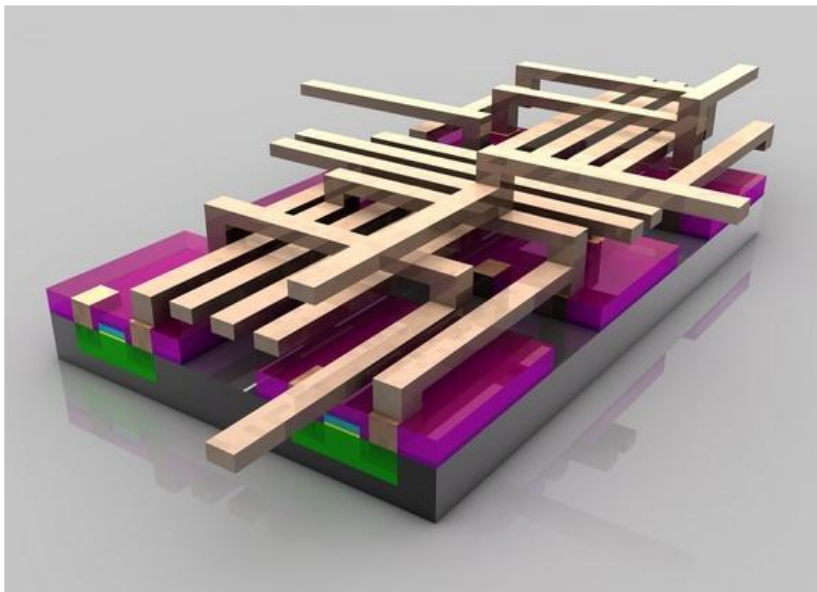
После **травления** удаляется и фоторезистивный голубой слой, после чего становится видна требуемая форма.



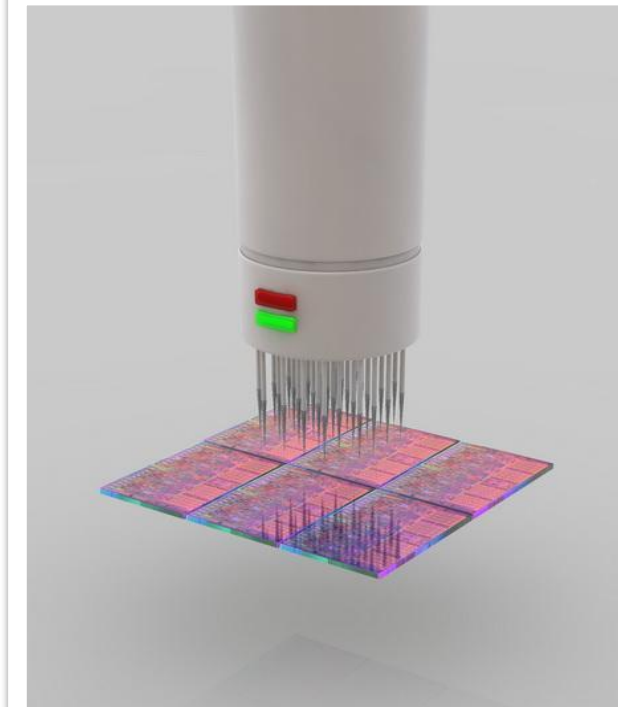
Во время **внедрения ионов** (часть процесса ионного легирования) открытые области кремниевой подложки бомбардируются потоками ионов. Ионы проникают в кремний, после чего как раз меняют свойства проводимости участка кремниевой подложки. Ионы сталкиваются с подложкой на очень высокой скорости. Электрическое поле ускоряет ионы до скорости **более 300 000 км/ч**.



Подложки на этом этапе погружаются в слой **сульфата меди**. Ионы меди осаждаются на транзистор через процесс, называемый гальванопокрытием. Медные ионы проходят от положительного электрода (анод) к отрицательному электроду (катод), которым как раз и является **подложка**.

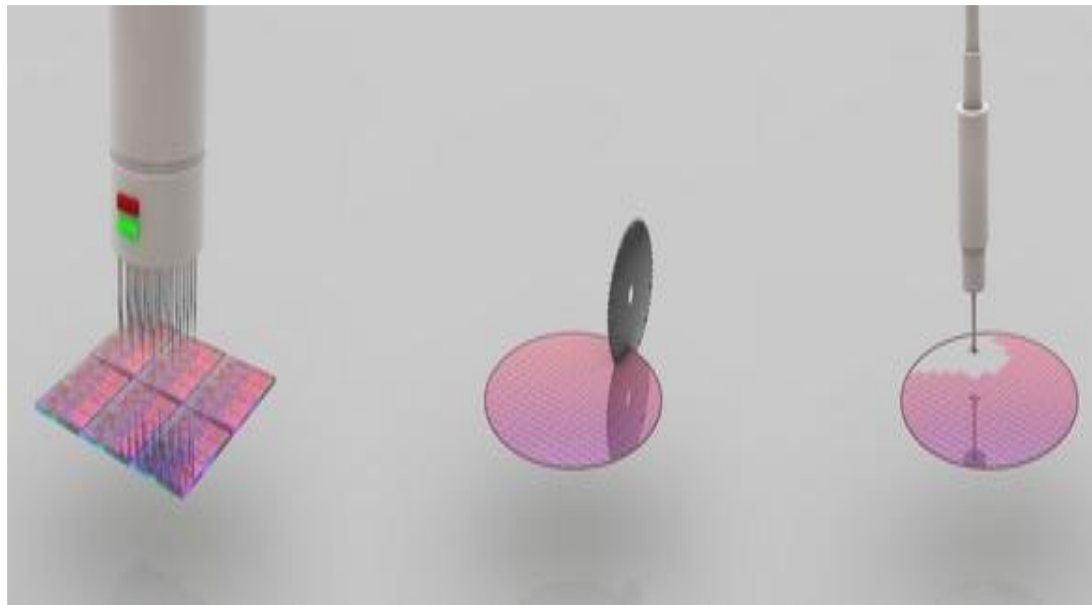


Нанесение металла происходит в несколько этапов, что позволяет создавать **межсоединения** (их можно представить как соединительные провода) между отдельными транзисторами. Раскладка таких межсоединений определяется архитектурой микропроцессора, вернее, командой разработчиков, ответственных за тот или иной процессор. Хотя компьютерный процессор кажется очень плоским, на самом деле он может состоять из **более чем 20 слоёв**. Если вы посмотрите на увеличенную фотографию чипа, то обнаружите сложную систему межсоединений и транзисторов, которая выглядит как футуристическая многослойная система шоссе и транспортных развязок.



На иллюстрации участок готовой подложки проходит первый тест функциональности. На данном этапе тестовые пробы подводятся к каждому чипу, после чего оцениваются ответные сигналы чипа и сравниваются с правильными.

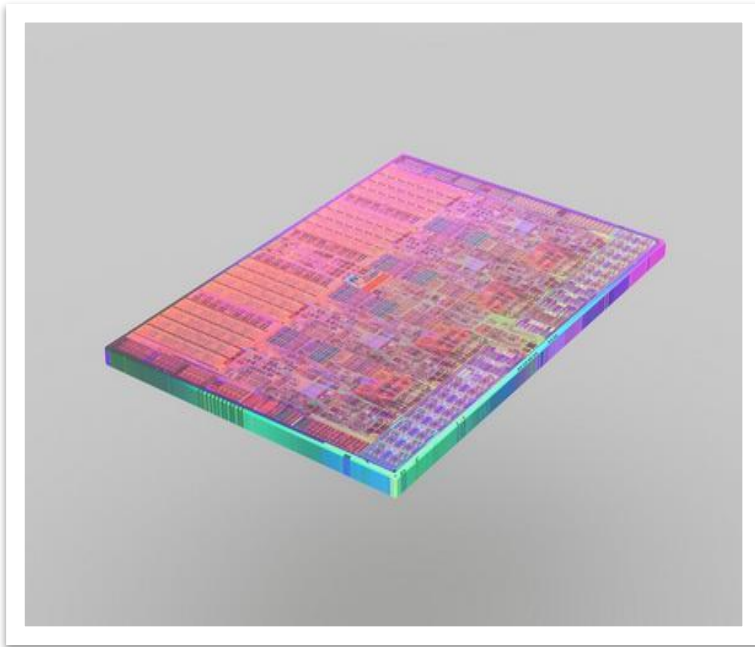




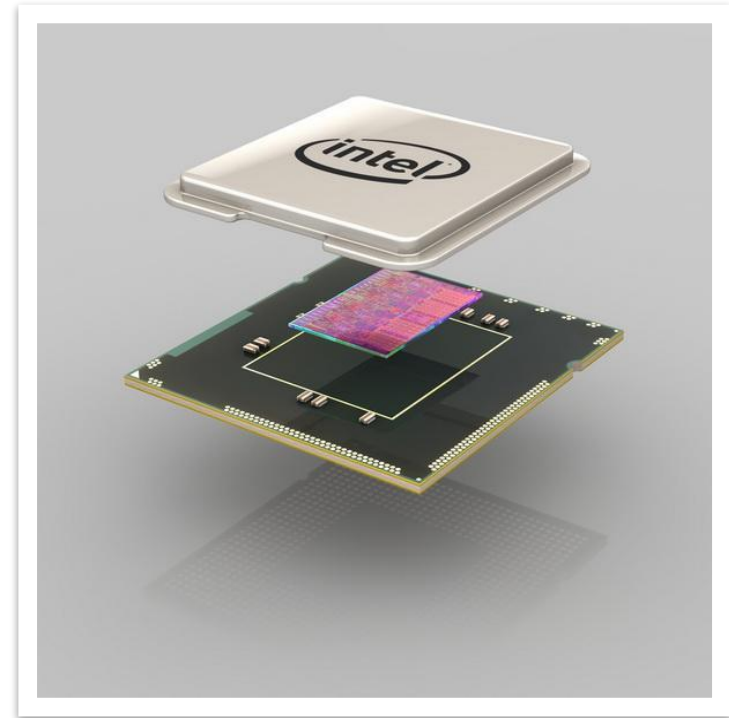
После того, как тесты определяют, что подложка содержит достаточное число правильно функционирующих **блоков**, её разрезают на части (**кристаллы**).



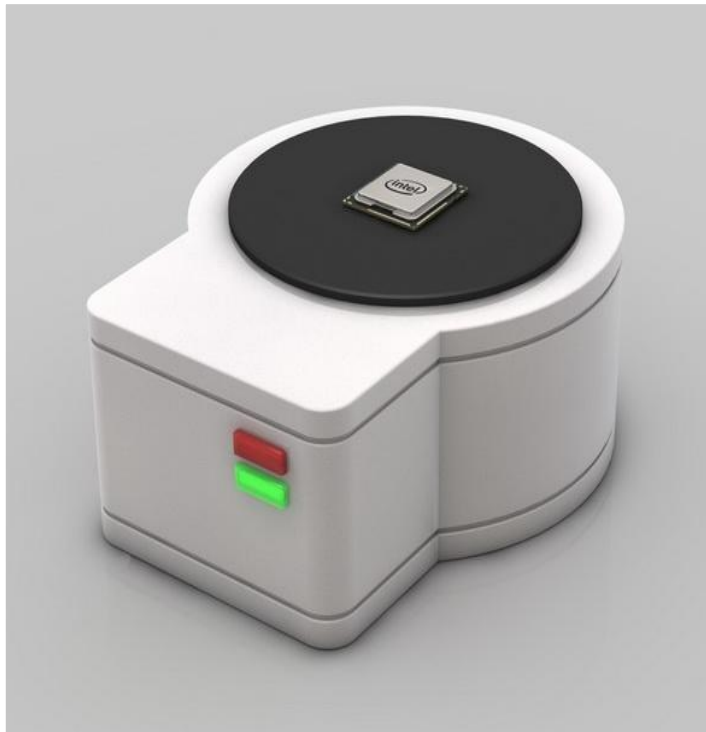
Кристаллы, которые прошли тесты, перейдут на следующий шаг упаковки. Плохие кристаллы отбраковываются. Несколько лет назад Intel даже выпустила **брелоки** из плохих кристаллов CPU.



На иллюстрации приведен отдельный **кристалл**, который был вырезан с подложки. Если быть более конкретным, то перед нами кристалл **Core i7**.



Подложка, кристалл и распределитель тепла соединяются вместе, чтобы сформировать готовый процессор. **Зелёная подложка** обеспечивает механический и электрический интерфейс процессора с остальной системой. **Серебристый распределитель** тепла является тепловым интерфейсом с кулером. Он охлаждает кристалл во время работы.



Во время финального теста процессоры проверяются по **ключевым** характеристикам (среди них присутствует тепловыделение и максимальная частота).



По **результатам тестов** процессоры с одинаковыми характеристиками складываются в одни лотки. По-английски данный процесс называют **binning**, после определения максимальной частоты процессоров они маркируются по моделям и уже продаются в соответствии со спецификациями.



*Готовые и протестированные процессоры поставляются либо сборщикам систем, либо в розницу.*

# ПРОИЗВОДСТВО ПРОЦЕССОРОВ

