

УДК 621.382

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЦЕССОРОВ
PROCESSOR TECHNOLOGY**

И.В. Василевский, Д.С. Савич

Научный руководитель – О.А. Пекарчик, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Vasilevsky, D. Savich

Supervisor – O. Piakarchyk, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье содержатся сведения о новейших процессорах, их назначении и современной технологии производства.

Abstract: the article contains information about newest processors, their purpose and modern production technology.

Ключевые слова: процессор, производство, кремний, транзистор, ток.

Keywords: processor, production, silicon, transistor, current.

Введение

Процессор – это мозг всех современных компьютеров, так как выполняет там основную работу. По сути любой микропроцессор можно назвать большой интегральной схемой, содержащей огромное количество транзисторов. Транзисторы позволяют создавать двоичную логику (вкл. – выкл.) при прохождении через них электрического тока. Большинство процессоров, которые производятся в наше время, выполняются на базе 45 нм технологии. 45 нм означает размер отдельного транзистора, который находится на процессорной пластине. До введения данной технологии процессоры создавались с применением 90 нм технологий.

Определение центрального процессорного устройства означает специальный класс логических машин, которые используются в технологиях для выполнения различных компьютерных программ и операций. Так как это назначение с большой точностью относится и к функциям существовавших ранее компьютерных процессоров, то термин «процессор» применяется и к современным компьютерам. Данный термин и его аббревиатура начали активно применять только в 1960-е годы. Хотя архитектура процессоров и в некоторых случаях реализация неоднократно менялись, но их основные функции сохранились с прежних времён.

Основная часть

Процессорные пластины в современном производстве выполняются на основе кремния. Этот химический элемент является широко распространённым и занимает 2 место по размеру залежей в земной коре после кислорода. Использование кремния обусловлено тем, что его внутренняя атомная структура позволяет производить микросхемы, процессоры и другие сложные полупроводниковые элементы различной конфигурации. Высокое содержание кремния имеет песок, в частности кварцевый. Кремний содержится в песке преимущественно в виде диоксида кремния (SiO₂). Данный факт делает песок

фундаментальным элементом в технологической схеме производства полупроводников.

В начале производственного процесса SiO_2 в виде песка восстанавливают коксом в дуговых печах. Процесс протекает при температуре 1800°C и сопровождается выделением угарного газа. Уравнения химической реакции этого процесса имеет вид:



Полученный в результате восстановления кремний называется техническим, имеющим чистоту не менее 98%. Но на данном этапе этот кремний нельзя использовать для производства процессоров, так как необходимо более чистое сырье, именуемое «электронным» кремнием. Его чистота должна достигать не более одного чужеродного атома на миллиард атомов кремния. Для достижения такой чистоты технический кремний хлорируют, и в результате образуется тетрахлорид кремния (SiCl_4), а в дальнейшем получается трихлорсилан (SiHCl_3).

В результате реакции образуются побочные вещества, содержащие в составе кремний. Они снижают себестоимость продукта.

И только после произведённых химических реакций получается «электронный» кремний, имеющий чистоту 99,9999999%. Попутно получается водород, имеющий широкое промышленное применение.

После этого кремний начинают выплавлять, формируя цилиндрический кристалл диаметром 300 миллиметров, изображённый на рисунке 1 [2].

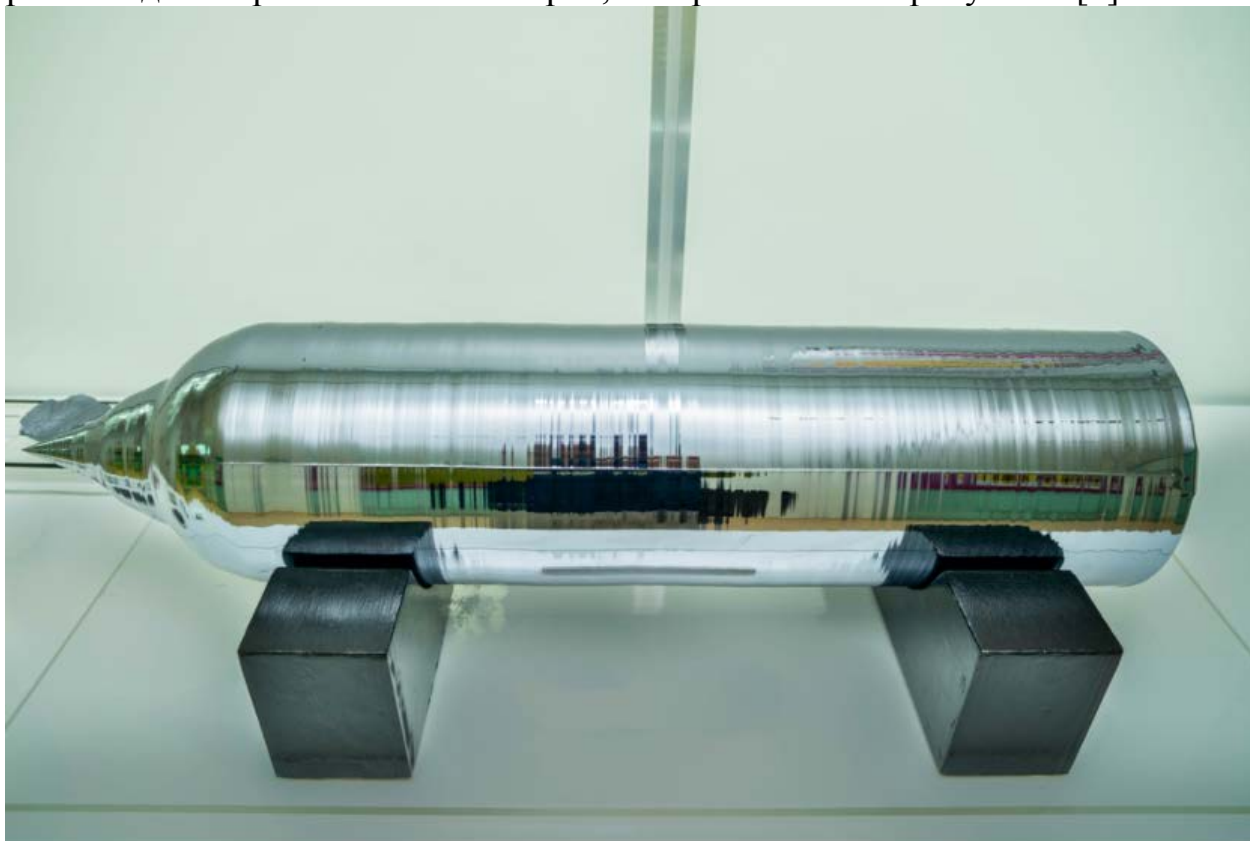


Рисунок 1 – Цилиндрический кристалл кремния

В кристалле атомы и молекулы вещества расположены в определённом порядке. Благодаря этому можно получить информацию о том, как ведёт себя это вещество при различном воздействии на него. В технологии производства процессоров применяют это свойство кристаллической решётки. Кристалл кремния разрезают на пластины с использованием алмазной нити. Толщина каждой пластины должна составлять около 1 мм, образец показан на рисунке 2 [2]. После нарезки поверхность пластины имеет некоторые неровности и зазубрины, которые устраняются путём шлифовки поверхности. В отдельных случаях может применяться химическая шлифовка пластины. Благодаря этому обеспечивается идеальная гладкость поверхности.



Рисунок 2 – Отшлифованные пластины кремния

В обработанные шлифовальной машиной кремниевые пластины необходимо внедрить структуру будущего процессора, то есть ввести в определенные фрагменты пластины примеси, в последующем образуя транзисторы. Для этого пластину покрывают тонким полимерным фоточувствительным слоем (фоторезист), изменяющим свои свойства при облучении светом. Всю поверхность пластины осаждают необходимости нет, но покрытие фоторезистом нужных участков пластины очень сложный в реализации процесс, поэтому покрывают всю пластину, а затем на ненужных участках фоторезист удаляют. Необходимый рисунок чипа экспонируют на фоторезист через маску и собирающую линзу. Толщина маски обычно в несколько раз превышает толщину пластины. Технология процесса основана на применении явления дифракция света. Оно заключается в преломлении луча при прохождении им отверстия, получая вместо одной точки серию

концентрических кругов. Производители используют обратную зависимость дифракции от длины волны, применяя свет в ультрафиолетовом диапазоне с длиной волны 195 нм. Если использовать меньшую длину волны, то такая волна не будет преломляться, линза будет пропускать ее насквозь, не фокусируясь. Собирающую способность линзы тоже нельзя увеличить из-за сферической аберрации, то есть каждый луч будет проходить оптическую ось в своей точке, нарушая фокусировку.

С помощью фотолитографии можно отобразить ширину контура не более 70 нм. Если необходимо более высокое разрешение, чем 70 нм, то их печатают с помощью нанесения 70-нанометровых контуров и протравливания схемы с последующим экспонированием через новую маску.

На следующем этапе производится покрытие пластины тонким слоем вещества, не проводящим электрический ток (диэлектрик), для исключения взаимодействия слоёв между собой. Диэлектрик имеет одинаковые с диоксидом кремния ёмкостные свойства, хотя толщина его больше. Получение более энергоэффективных процессоров можно достичь увеличением толщины слоя, так как уменьшается ток утечки через диэлектрик. Но возникает сложность в создании равномерной плёнки на поверхности пластины. Для решения этой проблемы используют технологию высокоточного температурного контроля. Процесс повторяется несколько десятков раз. Отработанный фоторезист в дальнейшем не нужен и поэтому удаляется химическим раствором вместе с частью подложки. Остальная часть подложки, закрытая от света маской, остаётся. В дальнейшем она образует проводник или будущий активный элемент. В результате получают миллионы мельчайших транзисторов, которые нужно соединить между собой.

Порядок соединения транзисторов друг относительно друга в процессоре называется процессорной архитектурой. Каждое поколение и модификация процессоров имеют собственную уникальную архитектуру. Архитектура напрямую влияет на скорость работы процессора и стоимость их производства, поэтому производители засекречивают производимую ими архитектуру.

В процессоре находится огромное количество транзисторов и между ними необходимо создать не менее большое количество связей. Для этого наносят токопроводящий слой, устанавливая фильтр, фиксируют проводники в требуемых местах. Затем наносится слой диэлектрика и второй токопроводящий слой. По итогу получается множество проводниковых слоёв, которые не контактируют, а транзисторы в свою очередь получают нужные соединения, что представлено на рисунке 3 [2].

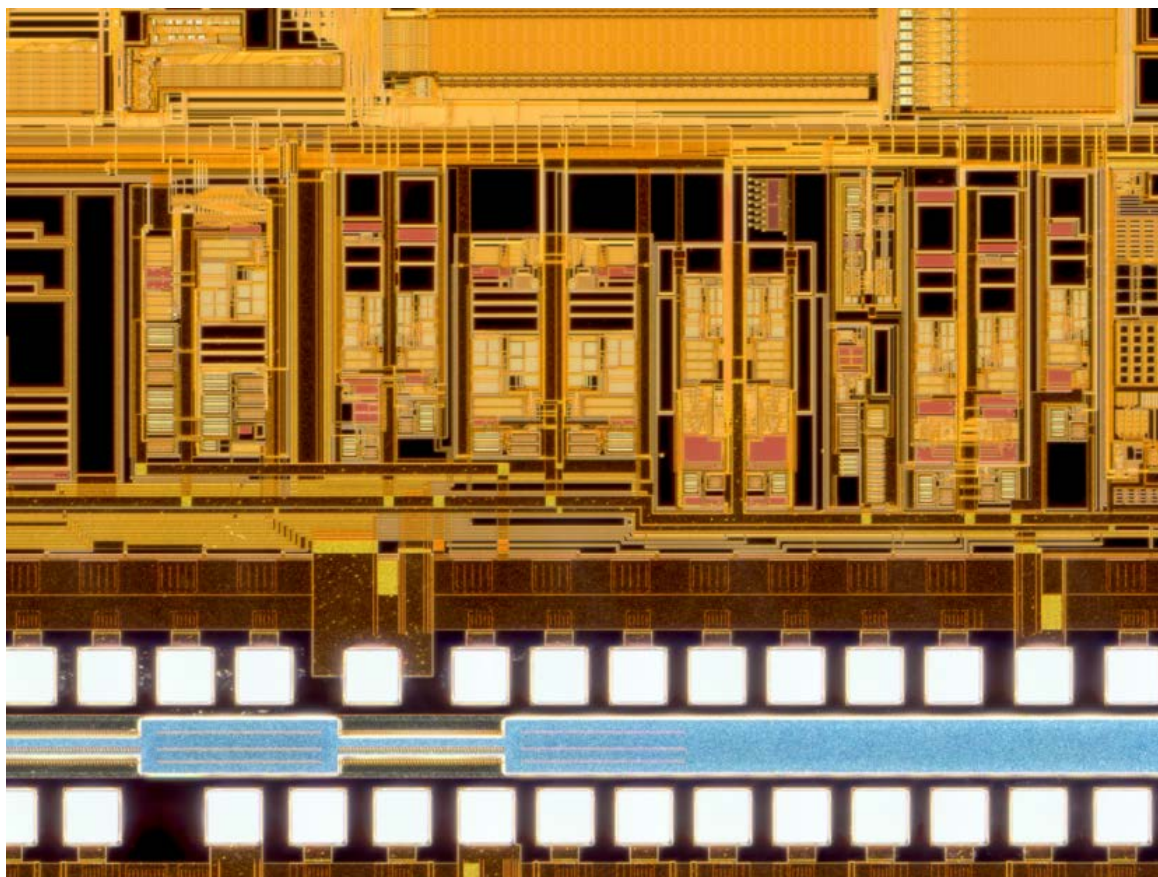


Рисунок 3 – Токпроводящие дорожки крупным планом

После этапа обработки пластин они должны пройти первое испытание, для чего их отправляют из отдела производства в монтажно-испытательный цех. Большинство пластин успешно проходят тест и поступают на установку, вырезающую их из подложки, это показано на рисунке 4 [2].

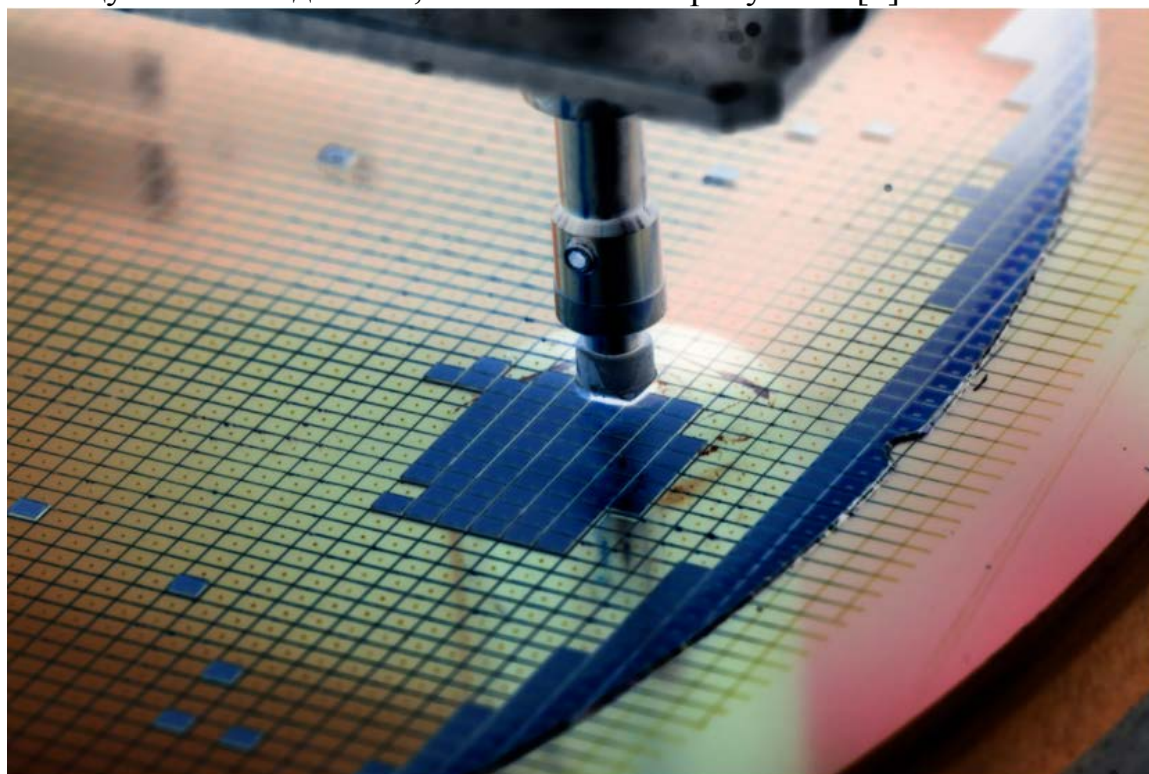


Рисунок 4 – Вырезание ядра из готовой пластины

Те процессоры, которые получились менее удачными, то есть имеют какие-то дефекты и несовершенства, в дальнейшем могут продаваться и использоваться потребителями, но дорогостоящими серверными продуктами они никогда не станут. В свою очередь те процессоры, которые не прошли испытание, отбраковываются.

Для совмещения с материнской платой в ядрах процессора создают контакты. Готовый процессор накрывают крышкой для защиты кристалла от повреждений и недопущения перегрева при работе.

Заключение

После первичных испытаний необходимо добиться соответствия основным характеристикам, для чего процессоры проходят стадию финальных испытаний.

После успешного завершения этих испытаний готовые к продаже процессоры сортируются и отправляются потребителям для OEM-продажи. Есть также ВОХ-версии, которые укомплектованы заводской системой охлаждения.

Литература

1. Как на самом деле производят процессоры [Электронный ресурс] / - Режим доступа: https://thecode.media/intel_inside/. – Дата доступа: 27.02.2021.
2. От песка до процессора [Электронный ресурс] / -Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/intel/blog/110234/>. – Дата доступа: 27.02.2021.