

### IBM переводит закон Гордона Мура в третье измерение

Корпорация IBM анонсировала передовую полупроводниковую технологию, использующую метод "chip-stacking" (монтаж в одном корпусе нескольких чипов друг над другом), которая открывает путь к широкому распространению производственного процесса трехмерной упаковки микросхем. Это революционное достижение будет, несомненно, способствовать "продлению жизни" и расширению сферы действия известного закона Мура, согласно которому число транзисторов в кристалле удваивается каждые 12-18 месяцев, вследствие чего соответствующим образом растет производительность процессоров. Новая технология, получившая название "through-silicon vias" ("внутрикремниевые межсоединения"), позволяет выполнять сверхплотную упаковку компонентов микросхемы, что очень важно при создании быстродействующих компактных электронных систем с низким энергопотреблением.

Эта инновационная методика дает возможность перейти от двумерных горизонтальных топологий чипов к трехмерной упаковке кристалла. Например, если ядра процессора и элементы памяти традиционно располагались рядом, "бок о бок" на кремниевой пластине, то теперь их можно компоновать друг над другом. В итоге формируется компактная многослойная структура полупроводниковых элементов, которая позволяет значительно уменьшить размеры корпуса микросхемы и повысить пропускную способность межсоединений функциональных компонентов чипа.

"Это достижение является результатом более чем десятилетних исследований IBM, — отмечает Лиза Су (Lisa Su), вице-президент Semiconductor Research and

Development Center, научно-исследовательского центра IBM по полупроводниковым технологиям. — Теперь у нас появилась возможность перевести технологию создания 3D-чипов из разряда перспективной лабораторной методики в категорию серийного производственного процесса изготовления широкого спектра электронных продуктов".

Новый технологический метод IBM устраняет необходимость в относительно длинных металлических проводниках, которые сегодня соединяют между собой 2D-чипы и их составные элементы, заменяя эти проводники т.н. внутрикремниевыми соединениями. Межсоединения "through-silicon vias" представляют собой вертикальные каналы, протравленные в кремниевой пластине и заполненные металлом. Такие внутрикремниевые соединения позволяют располагать на пластине несколько чипов по вертикали друг над другом и, в итоге, значительно увеличить объем данных, проходящий через эти чипы.

Благодаря новой технологии расстояние, которое необходимо преодолевать потокам данных в микросхеме, сокращается почти в 1000 раз. Кроме того, эта методика позволяет реализовать в 100 раз больше каналов связи для обмена данными по сравнению с 2D-чипами.

IBM уже начала применять методику внутрикремниевых межсоединений в своем технологическом процессе производства микросхем. Опытные образцы таких чипов появляются во второй половине 2007 г., а массовое производство чипов с использованием технологии "through-silicon vias" будет освоено в 2008 г. Как ожидается, свое первое широкое применение методика внутрикремниевых межсоединений найдет в микросхемах усилителей мощности базовых станций беспроводных сетей и сотовой телефонии.

3D-чипы планируется также использовать в наборах микросхем высокопроизводительных серверов и суперкомпьютеров IBM, предназначенных для решения ресурсоемких вычислительных задач в области научных исследований и бизнеса.

Чипы, которые IBM выполнила по новой технологии внутрикремниевых межсоединений, уже появились, в частности, в электронных компонентах беспроводного коммуникационного оборудования, процессорах серии Power, чипах суперкомпьютера Blue Gene и модулях памяти с высокой пропускной способностью:

- **Полупроводниковая 3D-технология для беспроводного коммуникационного оборудования.** IBM применяет технологию внутрикремниевых межсоединений для повышения (вплоть до 40%) выходной мощности беспроводных коммуникационных устройств, построенных на кремниевом-германиевых полупроводниковых компонентах, что позволяет увеличить срок службы батарей питания. Технология "through-silicon vias" дает возможность отказаться от использования проводных соединений между чипами, менее эффективных для передачи сигналов.

- **Полупроводниковая 3D-технология для стабилизации электропитания процессоров Power.** Одним из ограничений производительности микропроцессоров по мере роста количества ядер является необходимость обеспечения единых характеристик стабилизированного питания всех частей чипа. Технология "through-silicon vias" позволяет значительно снизить потери мощности на межсоединениях в результате уменьшения линейных размеров проводников цепей питания в кристалле, что дает возможность повысить быстродействие процессора при сокращении его энергопотребления до 20 %.

- **Полупроводниковая 3D-технология для чипсетов суперкомпьютера Blue Gene и модулей памяти.** Прогрессивная технология "3D chip-stacking" позволяет размещать высокопроизводительные чипы друг над другом, т.е. реализовать, например, архитектуры "процессор-на-процессоре" или "память-на-процессоре". IBM развивает эту инновационную методику, постепенно заменяя традиционные микросхемы, используемые в компонентах IBM Blue Gene, самого быстрого на сегодняшний день суперкомпьютера в мире, на 3D-чипы. Кроме того, IBM применяет полупроводниковую 3D-технология в целях кардинального изменения структуры электрических связей между микропроцессором и памятью с целью значительного увеличения быстродействия обмена данными между этими компонентами. В перспективе это позволит создавать суперкомпьютеры нового поколения. IBM уже выпустила соответствующий прототип статической памяти SRAM на своей 300 мм производственной линии с использованием 65-нм технологического процесса.

IBM проводит исследования в области 3D-чипов в своем научном центре им. Т. Дж. Уотсона (IBM T.J. Watson Research Center) вот уже в течение более 10 лет. Сегодня эта работа продолжается и в других исследовательских лабораториях IBM по всему миру. Проводимые IBM разработки методик и инструментальных средств для "трехмерных" микросхем, направленные на повышение производительности электронного оборудования и расширение сфер применения чипов нового поколения, поддерживаются Управлением перспективного планирования оборонных научно-исследовательских работ США (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA).