Пути развития полупроводниковых технологий в Европе

Статья отражает направления развития полупроводниковых технологий в Европе, а также освещает вопросы мировых тенденций в сфере микроэлектроники. Исследование рынков полупроводниковых устройств проведено на основе материалов международных конференций, статей экспертов, отчетов организаций — лидеров в области интегральных технологий.

Йохан Хауэр (Johann Hauer)

Johann.hauer@iis.fraunhofer.de

Анна Пятенко

anna.pyatenko@iis.fraunhofer.de

В начале XXI века одной из основных тенденций развития электроники стало направление, получившее название «окружающий разум» (от англ. — Ambient Intelligence). «Окружающий разум» — это новое веяние в информационных технологиях: цифровое окружение, представляющее собой скрытую от пользователя сеть устройств, которое способно отвечать на нужды, привычки, жесты людей, упрощая их привычные действия в быту. По мере уменьшения размеров устройства все легче интегрируются в окружающее пространство, совершенствуются информационные связи, оставляя доступными общественному пользователю лишь интерфейсы управления.

Кроме того, тенденции развития транспорта, применение современных двигателей, использующих принципиально новые конструктивные решения и материалы, выдвигают требования работы электронных устройств в расширенных температурных диапазонах и меньших по объему пространствах.

Поиск альтернативных методов получения энергии и развития беспроводных коммуникационных систем приводит к повышению многофункциональности и снижению энергоемкости используемых для решения этих задач микроэлектронных устройств.

Несомненным двигателем новых электронных инноваций является также область здравоохранения, начиная от интеллектуальных датчиков и регистраторов различного назначения, которые осуществляют мониторинг процессов жизнедеятельности, и заканчивая целыми лечебно-диагностическими комплексами.

Для реализации перечисленных систем используются такие технологии, как:

- Методы радиочастотной идентификации (Radio Frequency Identification).
- Информационные и коммуникационные технологии (Information and Communication Technology).
- Сенсорные системы.
- Эмоциональная компьютеризация (от англ. — Affective Computing) — распознавание, детектирование, анализ человеческих эмоций посредством технических средств, компьютерных систем.
- Нанотехнологии.
- Биометрия.

Этот рынок стремительно развивается, и для европейских разработчиков очень важно не упустить возможность занять на нем свое место. Однако реализация интеллектуальных систем диктует еще большую микроминиатюризацию с обеспечением как можно более удобного интерфейса пользователя и особенно повышение быстродействия ИС.

Знаменитый закон Мура гласит, что число транзисторов на кристалле будет удваиваться приблизительно каждые 2 года. Эта тенденция прослеживается от времен первых микросхем и технологического уровня в 25 микрон до сегодняшних дней и современных производств по технологиям 22 нм. Все начиналось с десятков компонентов в чипе, а сейчас это количество может составлять миллиард. В связи со стремительным развитием микросхемотехники улучшаются такие показатели интегральных микросхем, как скорость переключения, плотность интеграции, возможность реализации систем на кристалле.

Однако процессы повышения степени интеграции ИС всегда сопровождаются:

- ростом цен на производство по новейшим кремниевым технологиям;
- усложнением уровня схемотехники и системотехники из-за возникающих новых эффектов в материалах, не проявляющихся на других уровнях проектирования;
- высокими ценами на современные CAD-системы;
- сложностью установки, настройки и использования CAD-систем.

Тенденции ценообразования в производстве ИС — это продолжение закона Мура.

Около $50 млрд требуется сегодня для открытия полного производственного цикла по последней КМОП-технологии. Поэтому в мире всего несколько подобных производств. Сегодня большинство заводов по производству полупроводниковых устройств

Таблица. Пути развития исследований и разработок полупроводниковых устройств

Оригинальное название	Название в переводе	Сущность, тенденции
More Moore	«Больше Мура»	Продолжение развития современных КМОП-технологий до физических и технологических пределов проектирования в соответствии с законом Мура
More than Moore	«Больше, чем Мур»	Комбинация в одном чипе не только КМОП-компонентов, но и нестандартных функций, например, микроэлектромеханические системы (МЭМС), наноэлектромеханические системы (НЭМС), сенсорные системы, системы на кристалле
Beyond CMOS	«За пределами КМОП»	Использование нанотехнологий, новых материалов

расположены в Азии или перемещаются туда. По оценкам экспертов, развитие идет к тому, что в мире останется только две компании — Intel и Samsung, которые будут инвестировать средства в дальнейшее уменьшение топологического размера. Это самый дорогой путь, который могут позволить себе только гиганты индустрии [1].

В настоящий момент технологический физический предел для КМОП-технологии практически достигнут. Как следствие, появились 3 альтернативных пути развития исследований и разработок полупроводниковых устройств, они представлены в таблице.

А теперь немного подробнее о каждом из направлений микроэлектроники.

«Больше Мура» (More Moore)

На этом пути существуют следующие особенности:

- Очень сложные техпроцессы.
- Новые материалы: low-k и high-k диэлектрики.
- Новые архитектуры компонентов.
- Новые методы в схемотехнике (борьба с разбросами характеристик и статическими утечками).
- Новые архитектуры на системном уровне (надежность, избыточность).
- Очень высокие цены на разработку и прототипирование.

В связи с тенденцией перемещения кремниевых производств в Азию европейская микроэлектронная промышленность остается преимущественно без производственных мощностей (fabless). Тем не менее очень важно сохранять лидирующие позиции в схемо- и системотехнике. Для поддержки хорошего мирового уровня в этих позициях экспертам приходится постоянно повышать квалификацию и углублять свои научные знания, а также:

- осуществлять поддержку технологических ноу-хау;
- преодолевать физические пределы и феномены второго порядка в глубоких субмикронных уровнях;
- добиваться успехов в разработке и моделировании передовых микроэлектронных устройств;
- развивать инновационные технологии в схемотехнике (радиочастотные устройства, статическая утечка — свободные цепи);
- разрабатывать инновационные архитектуры на системном уровне (сверхнизкомощные системы).

«Больше, чем Мур» (More than Moore)

«Больше, чем Мур» — это новая область микро- и наноэлектроники, которая реализуется за пределами традиционных полупроводниковых технологий и приложений, это создание и интеграция различных нецифровых функциональных компонентов в полупроводниковые изделия. «Больше, чем Мур», мотивируемый новыми технологическими возможностями и неограниченным потенциалом практических приложений, сосредотачивается на создании большого количества микро- и наноэлектронных систем.

В этих технологиях в одном чипе или корпусе требуется интеграция значительно большего количества элементов, чем просто КМОП-компоненты. Многие приложения, такие как радиочастотные устройства, субсистемы управления мощностью, пассивные компоненты, биочипы, сенсоры, исполнительные механизмы и МЭМС, играют важную роль в современных полупроводниковых устройствах. Интеграция аналоговых функций в специальные технологии на КМОП-основе позволяет представлять системные решения, оптимизированные по стоимости.

«More than Moore» устройства представляют собой комплекс систем на кристалле со следующими вариантами интегрированных элементов:

- КМОП-логика;
- встроенная оперативная память;
- аналоговые интерфейсы;
- энергонезависимая память;
- микроядра;
- МЭМС, НЭМС, сенсоры.

Интегральные системы и гетерогенные системы открывают новые перспективы для широкого ряда приложений:

- безопасность (датчики движения, системы сигнализации);
- коммуникации (беспроводные системы связи, мобильные системы);
- здоровье (медицинское оборудование);
- «умный дом» (интеллектуальные системы управления: климат-контроль, управление освещением и электропитанием, придомовая инфраструктура);
- энергетика (альтернативные методы получения энергии) и др.

Уже сформирован огромный рынок, основанный на технологиях «More than Moore», который продолжает быстро расти. Они являются ключевыми для Европы, и, кроме того, уже существует некоторая технологическая база для их активного развития.

«За пределами КМОП» (Beyond CMOS)

В соответствии с Международным технологическим планом развития полупроводниковых приборов (International Technology Roadmap for Semiconductors) микросхемы с минимальным размером элемента около 20 нм планировалось производить к 2010 году. Сейчас мировые гиганты полупроводниковой промышленности ведут разговоры о 22-нм технологическом процессе. Когда интегральные технологии выйдут за границы таких топологических размеров, новые устройства и вычислительные разработки потребуют замены и дополнения стандартных КМОП-устройств микросхемами сверхвысокой степени интеграции. Новые развивающиеся технологии переориентируют электронную промышленность от транзисторов на основе кремниевых нанопроводов к устройствам из наноразмерных молекул.

Однако для этих современных технологий нельзя не учитывать тот факт, что электронные характеристики наноустройств особенно восприимчивы к малейшим изменениям в свойствах структуры и материала, таким как размеры, шероховатость и дефекты. Сверхчувствительность электронных свойств к физическим особенностям на наноуровне диктует серьезное требование не только точной методологии, но и специальной вычислительной техники для наноматериалов и наноустройств [2].

Европейские лидеры полупроводниковой индустрии всячески пытаются избежать тупика, обусловленного физическим и технологическим пределами топологического размера ИС, а рынок электроники выдвигает новые, все более высокие требования. В связи с этим одним из перспективных направлений развития микроэлектроники являются нанотехнологии, которые требуют особого технологического оборудования, специальной инфраструктуры, а значит, больших затрат. Тенденция «Больше Мура» экономически не оправдана для широкого распространения в мире, поэтому по такому пути идут лишь корпорации-гиганты, которые могут позволить себе большие объемы вложений капитала в новые производства. Приоритетным сегодня считается направление «Больше, чем Мур», которое позволяет на существующей технологической базе разрабатывать новые системы и устройства, отвечающие последним запросам рынка микроэлектроники.

Литература

1. Эрлих А. Кремниевая долина: Перспективы российской микроэлектроники — взгляд из Европы. 17 июня 2010 г. — www.zelenograd.ru.
2. Declercq M. A passport for the future of IC design in Europe, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. EUROPRACTICE Conference. Leuven, Belgium, 17 Sept. 2009.
3. Taylor G. F. Future of Analog Design and Upcoming Challenges in Nanometer CMOS. Intel, 23rd international conference on VLSI Design. Bangalore, India, 3–7 Jan. 2010.
4. Tuomi I. Future of Semiconductor Intellectual Property Architectural Blocks in Europe. Report for the European Commission. Oy Meaning Processing Ltd. March 2009.