

# МИРОВАЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

## СТРУКТУРА МЕНЯЕТСЯ

**О fabless-фирмах, рынках процессорных ядер, IP-блоках говорят достаточно давно. Однако в последние годы события в области дезинтеграции полупроводниковой промышленности стремительно ускорились. Резко возрос уровень специализации компаний. И в целом это не может не радовать, поскольку для России появляется шанс успеть на новые рынки интеллектуальной собственности, не требующие столь крупных вложений, как для производства собственно полупроводниковых приборов.**

### ПЕРЕЛОМНЫЙ МОМЕНТ?

Долгое время в структуре полупроводниковой промышленности доминировали фирмы, занимавшиеся традиционной деятельностью — разработкой, изготовлением и продажей продукции. Они до сих пор обеспечивают большую часть продаж полупроводниковых приборов. В основе их экономической модели — массовое производство полупроводниковых приборов для товаров массового потребления, таких как ПК, аудио/видеотехника, средства связи, бытовая электроника и т.п. Поскольку заводы по изготовлению ИС постоянно дорожают, этот сектор представлен относительно малым числом крупных корпораций, таких как изготовители микропроцессоров и схем памяти (Intel, Motorola, Texas Instruments, Micron, NEC, Toshiba, Samsung, Hyundai и др.), а также полузаказных специализированных ИС (ASIC) (VLSI, LSI Logic и др.). ИС для более узких применений традиционно проектировались так называемыми fabless-фирмами и изготавливались на кремниевых заводах других компаний. Среди fabless-фирм — производители ПЛИС (Altera, Xilinx и Lattice), а также множество малых фирм, основанных разработчиками, покинувшими крупные корпорации.

Сегодня структура полупроводниковой промышленности меняется. Уже более 10 лет идет процесс ее дезинтеграции — переход от вертикальных структур к горизонтальным, при этом каждый этап изготовления полупроводниковых приборов становится самостоятельным. Первая стадия дезинтеграции — разделение разработки и производства — началась в конце 80-х годов. В конце 90-х дезинтеграция вошла во вторую стадию, одна из отличительных черт которой — бурное развитие индустрии независимых поставщиков интеллектуальной собственности. Растущая сложность ИС типа “система-на-кристалле” (SoC) значительно увеличила нагрузку на разработчиков. Возникла необходимость в верифицированных блоках “интеллектуальной собственности” (IP-блоках) — типовых функцио-



нальных элементах ИС, предоставляемых независимыми поставщиками. IP-блоки способствуют превращению полупроводникового производства в систему продвижения интеллектуальной собственности от разработчика до конечного потребителя через различные этапы ее овеществления во всевозможные приборы и системы. Более того, расширяется практика передачи интеллектуальной собственности не “в кремнии”, не в физической форме, а в форме лицензии на IP-блоки, фактически представляющие собой описание функциональных элементов на языках типа Verilog или VHDL.

Таким образом, формируется новая экономическая модель полупроводниковой промышленности, в которой на fabless-фирмы приходятся функции разработки различных IP-блоков и объединения их в систему, на кремниевые заводы — производство ИС, на OEM — производство конечных электронных систем. Насколько эффективна модель fabless-фирма — кремниевый завод по сравнению с деятельностью традиционных фирм? Сравним ИС контроллеров жестких дисков с 300 тыс. вентилями традиционной корпорации Texas Instruments (Даллас, шт.Техас) с аналогичными контроллерами fabless-фирмы Palmchip (Сан-Хосе, шт. Калифорния). Первый стоит 15 долл., а второй, произведенный на кремниевом заводе, — менее 5 долл.

### ЧТО ЖДЕТ ТРАДИЦИОННЫЕ ФИРМЫ?

Традиционные фирмы будут закрывать устаревшие мощности, продолжая изготавливать на современных технологических линиях новейшую продукцию с высоким уровнем добавленной стоимости, сосредотачивая усилия в той области, где компания является безусловным лидером. Производство прочих изделий будет передано на кремниевые заводы. Так, к началу 2001 года 50% ИС под торговым знаком Motorola производилось на тайваньских кремниевых заводах. Alcatel Microelectronics также отказывается от производства ИС и сосредотачивается на продаже интеллектуальной собственности и услуг по проектированию. Сохранится лишь собственное малосерийное производство ИС (например для смешанной обработки сигнала), встраиваемых в выпускаемое фирмой оборудование.

Многие традиционные корпорации уже реализуют или планируют использовать модель fabless-фирм в областях, где они имеют серьезный задел в разработке ИС, но собственное производство компонентов по различным причинам невыгодно. Так, корпорация Intel создала новое отделение, Intel Microelectronics Services, задача которого — помогать изготовителям ИС и электронных систем в ускорении вывода на рынок их специализированных ИС (ASIC), стандартных специализированных ИС (ASSP) и “систем-на-кристалле”. Особое внимание уделяется ASIC/ASSP, реализуемых по КМОП-технологии с 0,25- и 0,13-мкм проектными нормами. Для



работы по новой для себя модели fabless-фирмы, специализирующейся на ASIC, корпорация Intel создает обширную сеть альянсов с фирмами-поставщиками САПР, интеллектуальной собственности, услуг по корпусированию и тестированию ИС, а также с кремниевыми заводами. Среди ее партнеров такие известные фирмы, как Synopsys, Amkor, ASE, ChipPAC, TSMC, UMC и Chartered Semiconductor Manufacturing. Собственное производство Intel будет загружено микропроцессорами и другими стандартными изделиями.

Аналогичную деятельность в 2001 году развернули корпорации IBM и LSI Logic. Они и раньше выпускали специализированные ИС, а также оказывали услуги по их проектированию. Однако к середине 2001 года спрос на подобные услуги резко возрос – многие fabless-фирмы ощутили, что риск и накладные расходы при собственной разработке ASIC с 0,13-мкм технологией слишком велики. Выгоднее прибегнуть к помощи крупных фирм (таких, как IBM) с опытом в применении данных технологий. Первыми это стали делать компании – производители ИС для широкополосных сетей передачи данных.

### РЫНОК УСЛУГ КРЕМНИЕВЫХ ЗАВОДОВ: “ЧИСТЫЕ” ИМЕЮТ ПРЕИМУЩЕСТВО

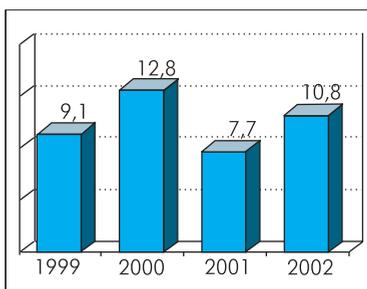
По оценкам компании Dataquest, в ближайшее время рост рынка продукции кремниевых заводов составит в среднем до 21% в год; с 1998 по 2003 год он более чем удвоится (табл. 1). К 2004 году этот рынок вырастет до 16 млрд. долл., а к 2008 году – до 39,4 млрд. долл. Более стремительные темпы развития данного рынка прогнозируют специалисты аналитической фирмы IC Insight. Они утверждают, что его объем к 2004 году составит более 34 млрд. долл.

**Таблица 1. Прогноз структуры рынка электроники в 2003 году (по данным Dataquest)**

Производство	Объем продаж, млрд. долл.		Кратность роста
	1998 год	2003 год	
Кремниевые заводы	5,3	13,6	2,5
Полупроводниковые приборы в целом	136,0	250,0	1,8
Электронные системы	926,0	1309,0	1,4

Модель кремниевого завода по сравнению с традиционными компаниями имеет два основных преимущества: это менее рискованный способ вступления в индустрию ИС, более низкие барьеры для входа в бизнес. Даже не обладая передовой технологией, можно вести успешный бизнес. Кроме того, это – более низкие финансовые потери и большая конкурентоспособность во время циклов спада. Данные преимущества реализуются потому, что доля fabless-фирм в индустрии ИС все возрастает. По прогнозам Dataquest, к 2010 году две-три fabless-фирмы войдут в десятку компаний с наиболее высоким доходом в полупроводниковой промышленности. Постоянно расширяющийся круг заказчиков кремниевых заводов (fabless-фирмы, традиционные компании, системные OEM-производители) снижает неравномерность загрузки производственных мощностей кремниевых заводов, что происходит при ориентации на узкий круг потребителей. Немаловажно и то, что технология на кремниевых заводах изначально ориентирована на быстрое предоставление производственных услуг потребителю.

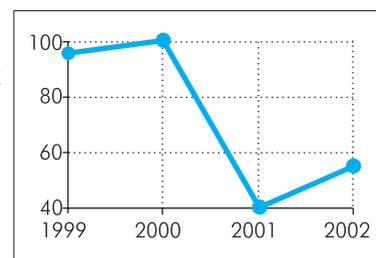
Мировой рынок услуг кремниевых заводов состоит из двух частей: услуги, оказываемые традиционными фирмами на незагруженных мощностях, и предоставление производственных мощностей “чистых” кремниевых заводов. Сегодня на рынке соотношение меняется в пользу последних. Так, по оценкам экспертов, к 2004 году на “чистые” кремниевые заводы придется более 60% рынка данных



**Рис. 1. Объем производства кремниевых заводов, млн. пластин в 200-мм эквиваленте (2002 год – прогноз)**

услуг против 42% в 1999 году. Среднегодовой прирост рынка услуг кремниевых заводов в 1998–2003 годах в целом составит 20,5%, а по “чистым” кремниевым заводам – 35%. По данным журнала Semiconductor International, на долю “чистых” кремниевых заводов к 2010 году придется до 50% мировой обработки пластин по сравнению с 10% в 2000 году. Абсолютные лидеры в этой области – тайваньские компании TSMC и UMC. На них приходится более 70% всей продукции “чистых” кремниевых заводов.

По прогнозу Semico Research, в этом году прирост индустрии кремниевых заводов составит 33–39% (рис. 1), а коэффициент использования мощностей увеличится до 55% (рис. 2). Столь интенсивное развитие должны обеспечить заказы на ИС для устройств высокоскоростного доступа в Интернет и цифрового телевидения, потребность в которых в 2002 году резко возрастет.



**Рис. 2. Динамика использования мощностей кремниевых заводов (2002 год – прогноз)**

### FABLESS-ФИРМЫ

Практическая деятельность по модели fabless-фирм началась в США. По оценкам, общий оборот этой индустрии в 2000 году превысил 8 млрд. долл., в 2001 году из-за общеэкономического спада он возрос всего на 10–13%, сократившись по некоторым позициям. В 2002 году оборот fabless-фирм может превысить рубеж в 10 млрд. долл. Наиболее динамично fabless-модель развивается в Европе, чему в немалой степени способствуют общеевропейские программы НИОКР (JESSI, MEDEA, MEDEA+ и т.п.).

По данным английской исследовательской фирмы Future Horizons, в 2000 году темпы прироста валовых прибылей европейских фирм-разработчиков ИС опередили традиционную полупроводниковую промышленность континента – 51% и 32%, соответственно. Это происходит уже второй год – в 1999 году по сравнению с 1998-м темпы роста составляли 72% и 8%, соответственно. Правда, в абсолютном выражении объем доходов разработчиков – 2,8 млрд. долл. в 2000 году – по-прежнему почти в 20 раз меньше.

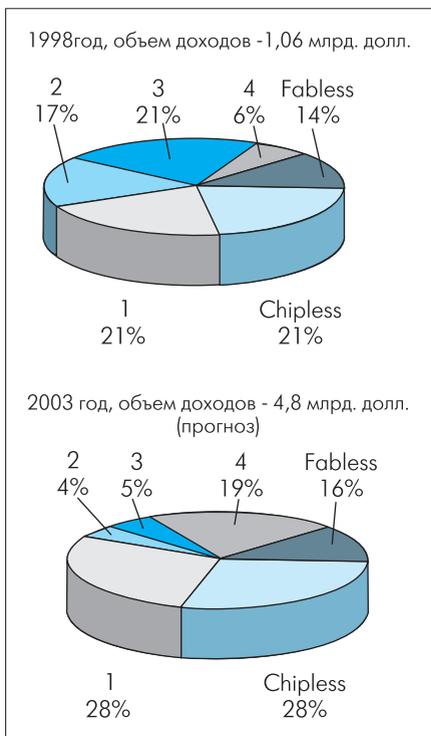
Европейская индустрия разработки ИС условно делится на три составляющих: контрактные (или “чистые”) разработчики, chipless и fabless. В составе “чистых” разработчиков (работающих исключительно по заказу) выделяются фирмы, специализирующиеся на конструировании цифровых логических ИС, ИС смешанной обработки сигнала (на одном кристалле размещаются элементы аналоговых и цифровых схем), узлов систем (элементы “систем-на-кристалле” или многокристальных модулей) и законченных систем.

Европейское восприятие термина “fabless” несколько отличается от американского – если в США fabless-фирма может до 25% ИС производить на собственных производственных мощностях, то в Европе к fabless относят компании, не имеющие мощностей по обработке пластин. Термин chipless обозначает фирмы, занимающи-

еся разработкой IP-блоков, отдельных узлов SoC, но не ИС в целом. Этот новый термин появился из-за роста торговли интеллектуальной собственностью.

Более половины продукции европейских фирм-разработчиков ИС в 1998 году предназначалось для мобильных телефонов и бытовых систем. Однако в дальнейшем росла доля разработок этих фирм в системах передачи данных, в вычислительной технике и автомобильной электронике. В том же году на изготовителей конечных электронных систем приходилось 60% потребления, на полупроводниковые фирмы – 35%, на правительственные ведомства и университеты – 5%. По мере роста доходов фирм-разработчиков доля правительственных ведомств и университетов будет снижаться, так как по темпам прироста спроса они очевидно будут отставать от полупроводниковых и системных фирм.

В географической структуре спроса на продукцию европейских фирм-разработчиков лидирует родной континент. На США приходится около 23%, на Японию – 14%, на другие Юго-Восточные страны – 11%. Ожидается, что основным потребителем данной продукции всегда будет Европа, а со временем возрастет и доля стран Азиатско-Тихоокеанского региона.



**Рис.3. Структура доходов европейских фирм, занятых разработкой ИС, по их специализации в 1998 и 2003 гг.: 1 – разработчики законченных систем, 2 – разработчики ИС смешанной обработки сигнала, 3 – разработчики цифровых логических ИС, 4 – разработчики узлов систем**

Стремительный рост доходов большей части европейских разработчиков ИС обусловлен в основном двумя причинами. Во-первых, это общемировая тенденция дезинтеграции традиционной модели полупроводниковой промышленности, с возрастанием роли независимых разработчиков, с одной стороны, и кремниевых заводов – с другой. Во-вторых, уровень разработок европейских фирм традиционно отставал от уровня их американских и японских конкурентов, и континентальные фирмы испытывали голод на местные новинки. Современный уровень развития САПР позволил европейским разработчикам во многом решить эту проблему.

Что касается прогнозов на более дальнюю перспективу, то Future Horizons ожидает, что среднегодовые темпы прироста европейских фирм-разработчиков ИС в 2001–2005 годах составят 33%, а объем валовых прибылей в 2005 году достигнет 10,3 млрд. долл. Насколько суждено сбыться этим ожиданиям, покажет время. Все зависит от того, сохранится ли нынешняя тенденция дезинтеграции полупроводниковой промышленности и “потянут” ли сравнительно малые европейские фирмы-разработчики ИС рост стоимости интеллектуальной собственности, закупаемой для их разработок, возрастающую цену современных САПР и справятся ли они с разработками систем-на-кристалле, требующими все больших затрат и больших объемов специальных знаний из различных областей науки и техники.

**FABLESS: ПУТЬ К МЕГАБАКСАМ ДАЖЕ ДЛЯ МИНИ-ФИРМ**

Деятельность fabless-фирм связана в первую очередь с проектированием ИС. Они ориентированы либо на производство своей продукции для дальнейшей поставки ее OEM-фирмам, либо на продажу интеллектуальной собственности (конструкций ИС) растущему числу компаний, нуждающихся в лицензиях на производство специализированной продукции. Оба этих пути доступны как крупным, устоявшимся фирмам, так и мелким компаниям. Зачастую разработку отдельных IP-блоков по перспективным направлениям крупные fabless-корпорации ведут через создаваемые за счет венчурного капитала мелкие фирмы. Как правило, крупные fabless-фирмы работают по широкому спектру применений, мелкие же специализируются на двух-трех взаимосвязанных направлениях.

В качестве одного из наиболее успешных примеров деятельности крупных fabless-корпораций можно назвать тайваньскую VIA Technologies, основанную в 1987 году. Сегодня это – один из крупнейших в мире fabless-поставщиков наборов ядер логических ИС, x86-совместимых процессоров, коммуникационных и сетевых ИС для ПК и Интернета. Поддерживая свою конкурентоспособность, VIA Technologies наращивает научно-исследовательский потенциал и гамму разработок за счет поглощения других компаний и заключения договоров о стратегическом партнерстве. Так, она стремительно вышла на быстрорастущие рынки процессоров для недорогих ПК и средств для Интернета, присоединив фирмы Cyrix и Centaur (ранее – отделения корпораций National Semiconductor и ITD, соответственно). С приобретением Cyrix за 167 млн. долл. VIA Technologies бросила прямой вызов мировым лидерам производства микропроцессоров – американским корпорациям Intel и AMD: в первой половине 2001 года на рынок был выпущен микропроцессор VIA Cyrix III с тактовой частотой 1 ГГц и разработанным VIA Technologies ядром Samuel 2. Он производится по 0,15-мкм технологии на кремниевом заводе фирмы TSMC.

Несмотря на то, что рынок IP-блоков и лицензий на ИС еще переживает раннюю стадию развития, он привлекает все больше и больше игроков, пытающихся отвоевать свою долю у лидеров. По данным Dataquest, в 1998 году восемь ведущих поставщиков интеллектуальной собственности в этой области занимали 82% рынка, а в 1999 году этот показатель снизился до 77%. Объем же всего рынка IP-блоков в 1999 году – 417 млн. долл. – по сравнению с 1998 годом возрос на 36%.

Рынок интеллектуальной собственности отличается высокой концентрацией: на три ведущие фирмы – ARM Holdings PLC, MIPS Technologies и Rambus – приходится 50% всех доходов (табл. 2). Основные источники прибыли – продажа лицензий на интеллектуальную собственность (61%) и процентные отчисления от объе-



**Таблица 2. Доходы 10 крупнейших продавцов интеллектуальной собственности в 1999 году**

Фирма	Доход, млн. долл.	Доля рынка, %
ARM Holdings PLC	88,5	21,2
MIPS Technologies Inc.	77,2	18,5
Rambus Inc.	45,3	10,9
Mentor Graphics Corp.	31,7	7,6
Synopsys Inc.	24,5	5,9
InSilicon Corp.	19,3	4,6
DSP Group	19,0	4,6
Artisan Components Inc.	17,3	4,1
Sican Microelectronics Corp.	6,9	1,7
SSL	6,7	1,4
Прочие	81,6	19,6
Всего	417,0	100,0

ма продаж изготовленного по лицензии товара (22%). Входные барьеры на этом рынке достаточно низки, благодаря чему быстро появляются новые игроки. Действительно, если для входа на рынок полупроводниковых приборов необходимы капиталовложения в несколько миллиардов долларов, то деятельность на рынке

интеллектуальной собственности может развить и достаточно малая фирма с двумя-тремя инженерами. Огромен и потенциал данного рынка: многим фирмам-изготовителям систем выгоднее купить проект ИС или ее частей на стороне, нежели тратить на его разработку ценное инженерное время.

В 1999 году закупки лицензий на микропроцессорные IP-блоки составили 190 млн. долл. Наиболее быстрорастущими областями их потребления были передача данных и процессоры цифровой обработки сигналов, продажи по которым выросли на 98 и 76%, соответственно. Также увеличились продажи лицензий на IP-блоки в области сжатия данных (69%) и сетевых приложений (66%). Причем наилучшие перспективы – у поставщиков широкой гаммы интеллектуальных продуктов, поскольку во многих узких областях находится место только для одной-двух фирм-разработчиков.

Весьма перспективно распространение разработок через глобальные сети, чем занимаются как крупные, так и мелкие fabless-фирмы. Примером служит компания eSilicon, открывшая свой сайт в начале декабря 2000 года. На этом сайте системным OEM, крупным производителям полупроводниковых приборов и fabless-фирмам предлагается широкий набор услуг по проектированию и изготовлению ASIC – от выбора архитектуры до монтажа кристаллов в корпус. Клиентам обеспечен не только весь комплекс услуг по проектированию, но и содействие в производстве на кремниевых заводах. Это очень удобно для компаний, потребности которых не превышают двух-трех уникальных кристаллов в год при небольших объемах выпуска, так как позволяет им воспользоваться преимуществами крупносерийного производства кремниевых заводов.

В компании занято около 60 сотрудников, основной капитал – 9 млн. долл., полученных в виде инвестиции от Crosspoint Venture Capital. Для выполнения заказов eSilicon привлекает такие компании, как Palmchip (платформа для SoC), inSilicon (разработки в области систем связи), Artisan Components (библиотеки стандартных элементов), Amkor Technology (корпуса и средства тестирования), Runtime Design Automation (ПО для проектирования, средства логистики). Изготовление ASIC возможно на заводах фирм TSMC и Silterra Malaysia, с которыми заключены соответствующие контракты.

Первым клиентом eSilicon стала фирма Antara.net, поставщик Интернет-устройств тестирования. В 2001 году было заключено более 10 договоров, по которым фирма поставляла ПЛИС, изготовленные по 0,18-мкм технологии (рабочая частота – до 150 МГц, до 4 млн. вентиляей).

## ВОЗМОЖНА ЛИ РЕАЛИЗАЦИЯ FABLESS-МОДЕЛИ В РОССИИ?

Да. За примерами не надо далеко ходить – более четырех лет назад НТЦ “Модуль” (Москва) на кремниевом заводе фирмы Samsung выпустила первую партию 64-разрядных ЦОС-процессоров NeuroMatrix собственной разработки (по 0,5-мкм технологии)\*. В Европе лицензию на этот процессор в октябре 1999 года уже приобрела фирма Fujitsu Microelectronics Europe (Франкфурт, Германия). В той или иной мере к разработкам НТЦ “Модуль” проявлял интерес ряд fabless-фирм, включая ARM Holding, MIPS Technologies и Tensilica. Кроме этого, интерес к системам распознавания образов и классификации на основе ядра ЦОС-процессора NeuroMatrix проявила фирма “Фиат”. На основе NeuroMatrix компания разработала систему TrafficMonitor для наблюдения за дорожным движением. Сегодня НТЦ “Модуль” предлагает услуги по проектированию ИС для последующего их производства на зарубежных и отечественных кремниевых заводах. Аналогичную деятельность в области разработки систем на кристалле и IP-блоков развивает и НИИМА “Прогресс” (Москва). Интерес к созданию национального банка IP-блоков проявляет и Российское агентство по системам управления.

[www.siliconstrategies.com/story/OEG20020123S0031](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20020123S0031)  
[www.siliconstrategies.com/story/OEG20020125S0023](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20020125S0023)  
[www.siliconstrategies.com/story/OEG20020128S0086](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20020128S0086)  
[www.siliconstrategies.com/story/OEG20020109S0003](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20020109S0003)  
 Semiconductor International, 2000, v.23, N3, p.28.  
[www.semibiznews.com/story/OEG20001106S0071](http://www.semibiznews.com/story/OEG20001106S0071)  
[www.eetimes.com/story/OEG2001/0924S0067](http://www.eetimes.com/story/OEG2001/0924S0067)  
[www.siliconstrategies.com/story/OEG20010923S0005](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20010923S0005)  
[www.siliconstrategies.com/story/OEG20010923S0006](http://www.siliconstrategies.com/story/OEG20010923S0006)

\* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1999, №2, с.30–35.