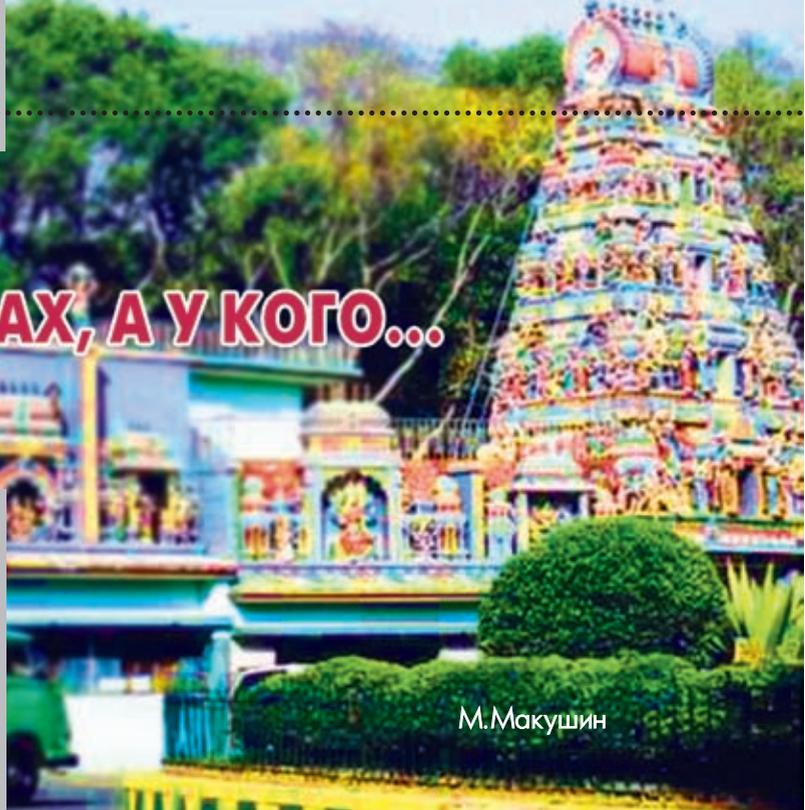


У КОГО ГРУДЬ В КРЕСТАХ, А У КОГО...



М.Макушин

Чтобы совершить "японское чудо", понадобилось почти 40 лет. Южная Корея прошла подобный путь лет за тридцать, Китай – за 20–25 лет. Индия в результате 15 лет реформ вышла на позиции, которые позволят ей лет через пять стать одним из крупнейших мировых производителей изделий электроники и полупроводниковых приборов. Эти страны (и подобные им "тигры" и "драконы" – Гонконг, Сингапур, Тайвань и т.п.) начинали практически с нуля и прошли примерно одни и те же этапы развития.

Каковы же этапы становления электронной промышленности Китая и Индии – стран, которые сегодня признаны самыми быстроразвивающимися и перспективными? Что помогло им преодолеть зависимость от экспорта сырья, способствовало продвижению высоких технологий и выходу на передний край разработок и массового производства современных, конкурентоспособных изделий электроники?

КИТАЙ: ПУТЬ ОТ ДЕШЕВЫХ "МЫЛЬНИЦ" К СУПЕРКОМПЬЮТЕРАМ И 65-НМ ТЕХНОЛОГИИ

Этапы большого пути

Реформы в Китае ("политика четырех модернизаций") начались в конце 1979 – начале 80-х годов. Однако наиболее значительные преобразования экономики КНР произошли в последние 15 лет. Можно выделить несколько этапов модернизации. На первом в рамках политики "открытых дверей" активно привлекались зарубежные инвестиции и развивался мелкий бизнес. Лозунгом стали слова Дэн Сяопина: "Неваж-

но, какого цвета кошка, главное, чтобы она ловила мышей". В этот период предприятия Китая выпускали дешевые товары, качество которых соответствовало цене. Основная задача, поставленная перед страной, заключалась в максимизации экспорта.

Практически модернизация китайской электронной промышленности началась в середине 80-х годов, а создание современной базы производства полупроводниковых приборов – в начале 90-х годов. Седьмой пятилетний план социально-экономического развития КНР (1986–1990 годы) впервые провозгласил электронную промышленность страны самостоятельной отраслью. На базе отечественных предприятий, маркетинго-сбытовых фирм и научно-исследовательских институтов были сформированы научно-промышленные группы. В результате объем производства электронной промышленности Китая за пять лет, с начала 90-х годов, вырос почти на порядок, причем большей частью за счет экспорта. Позднее в структуре таких групп начали формироваться совместные предприятия, что существенно укрепило их позиции.

В этот период развивались и различные кооперационные предприятия, которые оставались собственностью государства. Зарубежный партнер вкладывал в предприятие определенные средства, помогал в организации его производства и сбыта и в результате мог участвовать в распределении прибыли. Такая форма сотрудничества позволила накопить опыт взаимодействия и создать совместную собственность.

Политика Китая показала, что интенсивное использование опыта зарубежных партнеров в области маркетинга и управления – не менее важная задача, чем привлечение передовых технологий. Зарубежные партнеры допускались к управлению совместными предприятиями. Кроме того, некоторые из них



получали в аренду или даже в собственность китайские предприятия. С середины 90-х – начала 2000-х годов иностранным фирмам было разрешено открывать предприятия со 100%-ной собственностью и за пределами специальных экономических зон, а также вести дела с частными предпринимателями.

Согласно законодательству КНР, любое совместное предприятие должно принимать форму компании с ограниченной ответственностью. Доля иностранного партнера должна быть не ниже 25%, прибыли, риски и потери делятся пропорционально вкладу в акционерный капитал компании. Любая передача доли СП возможна только с согласия всех партнеров. Доля зарубежного партнера может вноситься наличными деньгами, средствами производства (только современными и перспективными, соответствующими нуждам промышленности КНР), правами на промышленную, интеллектуальную собственность и т.п. Вклад китайского партнера – право пользования территорией, предоставляемой СП. Деятельность иностранных фирм в различных специальных зонах и в составе СП запрещается, если она приводит к загрязнению окружающей среды и не предусматривает природоохранных мер. Не допускаются проекты создания запрещенной к производству правительством КНР продукции.

Основные условия вложения средств в промышленность КНР иностранными компаниями установлены законом об иностранных инвестициях. Инвестирование невозможно без предварительной регистрации инофирм. Привлечению иностранных инвестиций способствуют широкое распространение свободных экономических зон и программы стимулирования. Продукция, производимая в свободных экономических зонах и поставляемая на экспорт (если ее экспорт не регламентируется государством), освобождается от промышленного и коммерческого консолидированного налога. При поставке на таможенную территорию КНР с СП взимаются те же налоги, что и с китайских предприятий. В экономических зонах предусмотрено 15%-ное снижение налога на доходы предприятий с иностранным участием. Предприятия со сроком деятельности 10 лет и более освобождаются от налога на доходы на один-два года с момента получения прибыли. Следующие три-пять лет налог взимается на уровне 50% стандартной ставки. При этом для предприятий с передовой технологией возможно продление 50%-ной скидки еще на три года. При повторном инвестировании уже существующего производства сроком не менее чем на пять лет иностранному инвестору возвращается 40% от суммы уже выплаченного им налога на доход предприятия. Прибыль иностранных инвесторов при переводе ее за границу также освобождается от налога.

Предприятия свободных зон, в том числе и СП, освобождаются от таможенных пошлин на ввозимое оборудование, необходимые материалы и инструментарий, если они инновационные и не производятся в Китае.

Важную роль сыграло валютное регулирование деятельности предприятий с иностранным капиталом (в том числе индивидуальных производителей и частных лиц – китайских резидентов). Таким предприятиям разрешалось оставлять у себя и свободно распоряжаться всем полученным в инвалюте доходом, в частности свободно открывать счета иностранных платежных средств в банках. Таким образом, до 1996 года сохранялся преференциальный режим для предприятий с иностранным участием. При этом прибыль, дивиденды и вознаграждения иностранных инвесторов, т.е. статьи, относящиеся к инвалютным расходам по текущим счетам, не требовали проверки и утверждения со стороны Государственного управления валютного контроля (ГУВК). Для операций по другим счетам необходимо было обменивать валюту на юани, поскольку в Китае хождение иностранной валюты в качестве платежных средств не допускается.

В 1996 году нормы валютного контроля были упрощены. К предприятиям с иностранным капиталом начала применяться система межбанковской (через уполномоченные банки) купли-продажи иностранной валюты. Хотя при купле-продаже валюты по текущим счетам они должны были по-прежнему предоставлять в ГУВК все необходимые документы, теперь сделку можно было совершать, не дожидаясь ее утверждения. Новые нормы валютного контроля четко регламентируют операции с различными видами валютных доходов (продажа банку, зачисление на валютные счета, сохранение на руках), а также платежные документы и методы платежа. Агенты валютных операций обязаны вести статистический учет. Пересмотрено принятое ранее положение о регулировании покупки, продажи и платежей в инвалюте для предприятий с иностранным капиталом, установлен контроль по другим позициям текущих счетов. Зарубежным юридическим и физическим лицам разрешено переводить прибыль в свои страны.

В 1996 году для фирм, появившихся на рынке КНР в начале года, Китай ввел 20–30% импортные тарифы на компьютеры, полупроводниковое производственное оборудование и медицинскую электронику. Импортные тарифы на изделия микроэлектроники в Китае установлены в пределах 15–20% [1]. Для СП с активами 30 млн. долл. или более было продлено освобождение от тарифов.

Для того, чтобы стимулировать отечественное производство полупроводниковых приборов, был введен дифференцированный налог на добавленную стоимость. Так, НДС для иностранных изготовителей составлял 17%, но при этом производителям микросхем, чьи предприятия находились в КНР, возвращалось до 14% этого налога, т.е. для них НДС составлял 3–8% [2]. По оценкам исследовательской корпорации iSuppli, только в 2003 году китайские производители благодаря этой льготе сумели сэкономить 138 млн. долл. [3]. Правда, по условиям вступления КНР в ВТО этот налог в апреле 2005 году был отменен. В преддверии его отмены Национальная комис-

Таблица 1. Объемы продаж 10 ведущих кремниевых заводов КНР в 2005 году

Место		Фирма	Объем продаж, млн. долл.
2005 г.	2004 г.		
1	1	SMIC	1458,78
2	2	HNNEC	300,39
3	3	HJTC	270,24
4	6	SGNEC	137,05
5	4	ASMC	111,58
6	5	GSMC	106,32
7	7	HNMC	104,14
8	8	CSMC	75,09
9	9	JLMC	64,94
10	10	BCD	43,59
Итого			2602,12

сия по развитию и реформированию КНР выработала новую, совместимую с требованиями ВТО, политику стимулирования отечественной полупроводниковой промышленности. Ее суть – формирование фондов поддержки программ НИОКР, в первую очередь сотен малых фирм-разработчиков микросхем. Министерство науки и техники (МНТ) и Министерство информационной индустрии КНР резко увеличили финансирование технологических фондов, предназначенных для поддержки и стимулирования развития систем проектирования микросхем. Объем затрат на эти цели в 2004 году составил 120 млн. долл., в 2006-м эта сумма должна быть удвоена [4].

НИОКР признаны приоритетной статьей государственного финансирования. В последние годы китайское правительство проводит активную политику поддержки фундаментальных исследований. Фундаментальные и прикладные исследования проводятся в 123 НИИ Китайской академии наук. Дополнительный источник необходимых знаний и технологий – проводимые совместно с зарубежными партнерами НИОКР, обучение и стажировка китайских специалистов в ведущих зарубежных учебных и научных заведениях, промышленных фирмах [1]. Все большее число фирм, в основном тайваньских, развертывают в материковом Китае не только производство, но и НИОКР [5].

Развитие экономики страны стимулируют следующие факторы:

- ускоренная амортизация продукции (что позволяет поддерживать соответствующий современным требованиям уровень проектирования и производства);
- льготные ставки налога на прибыль предприятий;
- программы обучения специалистов за государственный счет (центрального правительства, правительства провинций и местной власти);
- поддержка государством инфраструктуры научно-производственных парков;
- прямое финансирование проектов зарубежных фирм, как крупных, типа строительства первого в КНР завода по обработке 300-мм пластин (корпорацией SMIC в Пекине) стоимостью более 2 млрд. долл., так и более скромных.

В 2001–2005 годы Китай инвестировал в заводы по выпуску изделий микроэлектроники 14 млрд. долл., что значительно больше, чем за предыдущие 30 лет [6]. Таким образом, государственная поддержка помогла отечественным предприятиям не только освоить внутренний рынок и вырваться на международный, но и справиться с негативными последствиями вступления в ВТО.

Пятилетние планы как регулятор развития полупроводниковой промышленности КНР

В ходе Восьмой пятилетки (1991–1995 годы) объемы производства и международной торговли электронной промышленности Китая существенно возросли. К концу пятилетки объем отгрузок ее продукции достиг 30 млрд. долл. Однако выпуск микросхем все еще значительно отставал от спроса. В Девятой пятилетке (1996–2000 годы) правительство КНР поставило перед полупроводниковой промышленностью следующие задачи:

- освоить крупносерийное производство микросхем на пластинах диаметром 150 мм по 0,8-мкм технологии;
- приступить к производству изделий на 200-мм пластинах по 0,5-мкм технологии;
- расширить возможности конструирования ИС для удовлетворения внутреннего спроса;
- продолжить НИОКР в области 0,3-мкм и 0,4-мкм технологий, а также новейших технологий корпусирования;
- разработать технологию получения и освоить производство кремниевых пластин диаметром 200 мм.

Выполнить поставленные задачи правительство рассчитывало с помощью зарубежного ноу-хау. Но при этом были приняты меры, не допускавшие иностранное доминирование на внутреннем рынке. Для обеспечения установленного уровня технологических трансфертов и объема экспорта было наложено множество ограничений на деятельность СП и предприятий, находящихся в полной собственности иностранных фирм [7].

Десятой пятилеткой (2001–2005 годы) уже были поставлены задачи освоения крупносерийного производства микро-

Таблица 2. Доходы ведущих китайских фирм-разработчиков изделий микроэлектроники в 2005 году

Место		Фирма	Объем продаж, млн. долл.
2005 г.	2004 г.		
1	1	Action Semiconductor	156,60
2	2	Vimicro	95,67
3	3	CEC Huada Electronic Design	79,79
4	6	Hangzhou Silan Microelectronics	75,44
5	4	Datang Microelectronics Technology	71,28
6	5	SHNIC	46,49
7	7	Hangzhou Youwang Electronics	31,21
8	8	Shaoxing Silicore Technology	29,14
9	-	Tongfang Microelectronics	28,91
10	10	China Resources Semico	28,43
Итого			642,96



схем на пластинах диаметром 200 мм по 0,25- и 0,18-мкм технологиям, мелкосерийного производства изделий на 300-мм пластинах по 0,15- и 0,11-мкм технологиям и опытного производства по 90-нм технологии. Предусматривалось развитие работ в области САПР с целью расширения возможностей проектирования различных типов микросхем с использованием как "зрелых", так и современных систем. Планировалось также оценить возможность освоения 65-нм технологии и продолжить работы в сфере новейших методов корпусирования. Ставились и задачи разработки технологии получения и производства пластин диаметром 300 мм [1].

Итоги 2005 года и перспективы Одиннадцатой пяти-летки

Согласно данным исследовательской фирмы The Information Networks, спрос на изделия микроэлектроники в КНР в 2005 году увеличился на 32% по сравнению с предыдущим годом. Объем их продаж достиг 45 млрд. долл. В КНР было выпущено 22 млрд. микросхем (25,3% от внутреннего спроса). Большая часть микросхем старших моделей импортировалась. Всего за 2005 год в Китае было куплено 87 млрд. микросхем [8].

В 2006 году перед китайской электронной промышленностью и промышленностью информационных технологий ставилась задача увеличить объем продаж на 23% – до 4,66 трлн. юаней (574,2 млрд. долл.). Однако влияние рынка современных товаров повышенного спроса на китайскую электронную промышленность по-прежнему ограничено [9].

Программа наращивания производственных мощностей позволила увеличить объем производства полупроводниковых приборов в 2005 году на 31% (обработка до 128,7 тыс. стартовых пластин в неделю). В 2006 году темпы роста должны составить 22% (156,8 тыс. пластин в неделю). За период 2004–2008 годы планируется ввести в строй 43 завода по обработке пластин. Однако разрыв между спросом и производством микросхем в 2006 году, по-видимому, увеличится до 44 млрд. долл., по сравнению с 36 млрд. долл. в 2005-м [8]. Тем не менее, успехи в развитии производственных мощностей очевидны. По итогам 2005 года объем отгрузок крупнейшего отечественного кремниевого завода – Semiconductor Manufacturing International Corp. – достиг 1,17 млрд. долл. Завод занял третье место в мире (после TSMC и UMC) на рынке "чистых" кремниевых заводов (foundries) с долей в 6,4% [10].

Анализ структуры производства изделий микроэлектроники в КНР и доли этих изделий на рынке страны позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, в Китае в основном функционируют кремниевые заводы. В 2005 году прибыль первой десятки этих заводов более чем в четыре раза превысила прибыль ведущих фирм-разработчиков микросхем (табл. 1, 2). Во-вторых, по данным Ассоциации полупроводниковой промышленности КНР (CSIA), в 2005 году доля микро-

Таблица 3. Структура китайского рынка микроэлектроники в 2005 году по типу изделий

Тип приборов	Объем продаж, млрд. долл.	
	всего	Производства КНР
Аналоговые	7,68	1,72
Специализированные ASIC-типа	1,16	0,41
Стандартизированные специализированные ASSP-типа	6,60	Очень мало
Логические	2,37	0,73
Память	10,44	–
Микропроцессоры	6,67	–
Встраиваемые микропроцессоры	1,94	Очень мало
Сигнальные процессоры	1,11	Разрабатываются
Микроконтроллеры	3,64	0,38
Периферийные	5,33	Очень мало
ИС-карты	0,43	0,32
Всего	47,37	3,39

схем отечественного производства на рынке КНР составила 8,29% от общего объема продаж. В-третьих, наиболее прочные позиции китайские производители заняли в секторах рынка, продукция которых разрабатывалась в рамках специализированных программ. Так, поскольку биометрические паспорта, средства доступа на основе смарт-карт и т.п. вводятся в соответствии с государственной программой и только с использованием отечественных микросхем, неудивительно, что доля отечественной продукции в этом секторе достигла 74% .

Сильны позиции на отечественном рынке и у китайских изготовителей специализированных (35,34%, табл. 3,4), логических (30,8%) и аналоговых микросхем (22%) [8]. По статистике CSIA проследить их распределение по назначению (гражданскому и военному) невозможно, хотя неоднократно указывалось, что в космической технике и стратегических системах импортная компонентная база не используется.

По данным министерства информационных технологий КНР, на протяжении одиннадцатой пятилетки (2006–2010 годы) в электронную промышленность Китая предполагается инвестировать 300 трлн. юаней (37,45 млрд. долл.). На эти средства будут открыты:

- пять фирм-разработчиков микросхем стоимостью от 374,5 млн. до 624,2 млн. долл.;
- 10 компаний стоимостью от 124,8 млн. до 374,5 млн. долл.;

Таблица 4. Структура китайского рынка микроэлектроники в 2005 году по применению

Назначение	Объем продаж, млрд. долл.	
	всего	Производства КНР
Компьютеры	20,28	0,61
Бытовая электроника	12,81	2,08
Средства связи	8,68	0,56
Промышленные средства контроля и управления	3,49	0,24
Автомобильные системы	0,53	–
ИС-карты	0,43	0,32
Прочее	1,14	0,12
Всего	47,37	3,39

- 15 кремниевых заводов (производственных линеек), из них 10 по обработке 200-мм пластин и пять по обработке 300-мм пластин [8].

Как отмечает CSIA, развитию отрасли будут способствовать как внедрение собственных разработок, так и реинновации импортируемых технологий.*

Среднегодовые темпы роста производства микросхем за пятилетку составят 28,1%. К 2010 году КНР станет крупнейшим по объему продаж рынком полупроводниковых приборов в мире – 150 млрд. долл. (по современному курсу) [9].

В связи со стремительным развитием микроэлектроники одним из перспективных направлений становятся средства проектирования микросхем. При этом особое внимание уделяется увеличению числа квалифицированных специалистов в этой области. В начале 2004 года их насчитывалось 6,0 тыс. человек, к концу 2006-го их число должно возрасти до 20,0 тыс. человек [6].

На следующем этапе развития высокотехнологичного сектора КНР планирует уделять больше внимания "софт"-инфраструктуре – сложному ПО, в том числе для проектирования микросхем, печатных плат, конечных электронных систем, а также собственно САПР.

В целом, по итогам 2005 года практически во всех сегментах электронной промышленности КНР, за исключением быстро развивающегося сектора САПР, темпы развития снижались. По-прежнему главная проблема – недостаток собственных базовых технологий. Согласно статистическим данным Министерства информационных технологий, за период с января по ноябрь 2005 года норма рентабельности по 100 крупнейшим электронным фирмам КНР составила всего 1,93%. Таким образом, стратегия захвата как можно большей доли рынка за счет снижения цен уже не эффективна. С другой стороны, продукция фирм, сделавших ставку на внедрение технологических инноваций, становится все более конкурентоспособной. Уже в 2006–2007 годах можно ожидать увеличения темпов развития электронной промышленности Китая. Это обусловлено завершением экспансивного этапа развития и переходом к интенсивному, определяемому главным образом технологическими инновациями. Одиннадцатый пятилетний план социально-экономического развития КНР свидетельствует о поддержке и стимулировании такой стратегии китайским правительством. В декабре 2005 года Министерство информационных технологий подписало соглашение с китайским государственным банком развития, согласно которому в ближайшие пять лет банк выделит кредиты на сумму в 6,24 млрд. долл. для поддержки развития электронной промышленности и информационных технологий. При этом кре-

диты будут предоставлены в первую очередь отечественным фирмам с высококвалифицированным персоналом и научно-техническим потенциалом [8].

Промежуточный вывод

Комплексно-целевой подход в сочетании с мерами государственной поддержки и стимулирования, а также привлечение зарубежных инвестиций и регулируемая рыночная политика позволили КНР в достаточно сжатые сроки создать высокоприбыльную промышленность, способствующую научно-техническому прогрессу страны и модернизации ее экономики на современной технологической базе. Кроме того, удалось обеспечить независимость космической программы (а также основных военных и ряда других программ) от импортной электронной компонентной базы.

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНДИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Началом развития отраслей высокой технологии в Индии можно считать 1991 год. В это время в Индии существовала узкая прослойка весьма состоятельных людей, тогда как более 90% жителей из-за бедности были освобождены от уплаты налогов. В основном в стране применялась система стимулирования, аналогичная китайской. С целью развития высокотехнологичных отраслей и привлечения отечественного и зарубежного капитала инвесторам были предоставлены налоговые, таможенные и другие льготы. Еще более привлекательные условия создавались для иностранного капитала в семи экспортных производственных зонах Индии. Особое внимание уделялось развитию систем связи и информационных технологий, а также средствам программного обеспечения. Такая стратегия принесла свои плоды: с 1991 по 1994 годы общий объем производства электронной промышленности Индии увеличился в 1,7 раза. Этому способствовал и тот факт, что численность среднего класса, формирующего активный спрос на бытовую электронику, средства связи, ПК и т.п., возросла до 200–250 млн. человек [11].

Второй этап развития отраслей высокой технологии стартовал в 1995–1996 годы, когда начали появляться научно-производственные центры. По мере становления среднего класса все больше внимания уделялось удовлетворению потребностей внутреннего рынка. Однако большая часть спроса в этот период по-прежнему удовлетворялась за счет импорта. На первое место по объемам доходов уверенно вышел сектор программного обеспечения. Благодаря открытию центров американских и европейских фирм и аутсорсинга Индия становилась одним из крупнейших мировых центров разработки программных средств. Специалисты, ранее работавшие на зарубежных фирмах, создавали индийские компании, которые выполняли для западных фирм начальные этапы разработки программных средств (т. е. выпускали продукты с малой до-

* Япония и Южная Корея, а теперь и КНР, при проведении политики ускоренного освоения отраслей высокой технологии импортировали и импортируют (сейчас в основном Китай) только подлежащие модернизации технологии с коммерческой перспективой. Технологии, не отвечающие этому требованию, считаются "тулковыми" и не закупаются вне зависимости от формы собственности приобретателя.



бавленной стоимостью). Наиболее развитые компании – такие, как *Wipro* – приступали к проектированию микросхем и созданию САПР. Постепенно в стране формировалась база современной полупроводниковой и смежных отраслей промышленности.

По итогам 2005 года индийский сектор высоких технологий и экономика в целом продемонстрировали неплохие результаты, о чем можно судить по показателям, приводимым журналом *Electronic Business*:

Население	1,1 млрд. человек
ВВП	720 млрд. долл.
Темп роста ВВП	6%
ВВП на душу населения	3,4 тыс. долл.
Выпуск технических специалистов	215,0 тыс. человек
Число абонентов сотовой связи	75 млн. человек
Экспорт ПО и связанных с ним услуг	24,0 млрд. долл.
Потребление изделий электроники	28,2 млрд. долл.
Прогноз потребления изделий электроники в 2015 году	363,0 млрд. долл.
Доходы индустрии проектирования микросхем ..	624 млн. долл.
Прогноз доходов индустрии проектирования микросхем в 2015 году	2,8 млрд. долл.
Внутренний рынок микросхем	1,2 млрд. долл.
Прогноз внутреннего рынка микросхем в 2015 году	36,3 млрд. долл.

Однако Индии еще далеко до стран с развитым сектором высоких технологий [12]. Текущий этап ставит перед электронной промышленностью страны следующие задачи:

- дальнейшее развитие средств проектирования, в том числе за счет открытия новых центров зарубежных фирм;
- формирование современной структуры полупроводниковой промышленности;
- создание мощной базы производства связного оборудования, которая позволит как удовлетворить потребности отечественного рынка, так и поставлять продукцию на экспорт.

Разработка программных средств

Сегодня в секторе высоких технологий Индии по-прежнему безраздельно господствуют фирмы-разработчики ПО. Их прибыль достигает нескольких миллиардов долларов. Численность занятых в этом секторе составляет 650 тыс. человек. Но доля сложных продуктов и связанных с ними услуг пока невелика как по прибыли, так и по числу занятых в этой области специалистов. Тем не менее, перспективы Индии по удовлетворению мирового спроса на ПО по-прежнему оцениваются достаточно высоко. Правда, нехватка специалистов в области электронной техники и САПР, способных создавать новую конкурентоспособную продукцию, становится все более очевидной. По общему признанию, выпускаемые в стране изделия либо не могут гарантировать большие доходы, либо не могут расцениваться как прорыв в области систем проектирования.

Однако сегодня существуют и признаки изменения ситуации. Один из них – рост числа талантливых молодых специа-

листов, остающихся в Индии. Это обусловлено повышением уровня жизни и перспективами карьерного роста в подразделениях зарубежных корпораций, таких как *Intel* и *Infineon*, а также в быстро развивающихся отечественных компаниях. Привлекает и возможность обмена опытом с вернувшимися из-за рубежа опытными специалистами [13]. Кроме того, сектор высоких технологий Индии доступен для венчурного капитала.

О серьезных изменениях высокотехнологичного сектора Индии говорит и тот факт, что в стране действует все большее число зарубежных фирм, особенно после заключения в конце сентября 2004 года американо-индийского договора по технологиям двойного назначения. За период с октября 2004 по начало марта 2005 года более 100 зарубежных фирм открыли в Индии центры НИОКР. Изменился и качественный состав этих центров. В середине 90-х годов они разрабатывали в основном "полуфабрикаты", которые затем "доводились" специалистами зарубежных корпораций до сложных программных продуктов. Теперь же большая часть вновь образуемых центров ориентирована на разработку все более сложных средств проектирования и ПО как для микроэлектронной, так и электронной промышленности в целом. Ряд западных фирм-разработчиков ПО полностью переносят свою деятельность в Индию. По мнению организации *Plug and Play Technology Center*, этот пока еще медленно развивающийся процесс обусловлен тем, что большая часть мощностей по производству, сборке, корпусированию и тестированию микросхем уже перенесена в Азию [14].

Открываются центры по разработке ПО, ориентированные в первую очередь на средства связи, а не на "классическую" вычислительную технику. Зачастую они занимаются не только программным, но и аппаратным обеспечением. Это неудивительно: доля вычислительной техники в мировых продажах изделий электроники в последнее десятилетие сократилась вдвое, а доля средств связи увеличилась с менее 10% до более 20% (в основном благодаря бурному развитию систем беспроводной связи). Растут доходы от продаж ПО для САПР и других инструментальных средств разработки и оптимизации конструкций микросхем. Наблюдается тенденция роста доли встраиваемого ПО.

В последние годы в Индии сформировались крупные отечественные фирмы, поставляющие на внешний и внутренний рынки готовую продукцию высокой сложности. Самая известная из них – *Wipro*, специализирующаяся в области разработки изделий информационных технологий, САПР и других инструментальных средств создания и оптимизации конструкций микросхем. По данным Ассоциации полупроводниковой промышленности Индии (*India Semiconductor Association, ISA*) и компании *Frost & Sullivan*, доход Индии от продаж САПР в 2005 году составил 583 млн. долл., а в 2015-м он увеличится до 5,1 млрд. долл. [15].

Полупроводниковая промышленность

Индия – перспективный партнер в области разработки полупроводниковых приборов. Однако до сих пор привлечь в страну инвесторов для строительства новых заводов по производству микросхем было трудно. Но ситуация меняется. Ожидается, что за период 2005–2010 годы продажи полупроводниковых приборов в Индии увеличатся с 2,8 млрд. долл. до 12,7 млрд. долл., а в 2015-м составят 36,3 млрд. долл. Это позволит привлечь иностранные инвестиции в строительство одного или двух заводов по обработке кремниевых пластин [12].

Сегодня в Индии действуют 10 заводов, в основном малых и средних, производящих логические микросхемы и дискретные приборы на пластинах диаметром 75–50 мм. Нерентабельной государственной компанией Semiconductor Complex (SCI) освоено и производство СБИС. Правительство Индии объявило о предоставлении полупроводниковым проектам "покрывающего" финансирования*. С этой целью создана корпорация India Infrastructure Finance Company, которая должна финансировать новые полупроводниковые заводы за счет приобретения их обыкновенных акций [16]. Кроме того, рассматривается трехлетняя программа государственного стимулирования строительства в стране полупроводниковых заводов. Программа предусматривает значительные льготы для аттестованных проектов – налоговые скидки, займы и опционы по паевым вложениям в акции, предоставляемые через национальную компанию по финансированию развития инфраструктур (India Infrastructure Finance).

На сегодняшний день все предприятия, которые планируется открыть, представляют собой кремниевые заводы. Это как предприятия по обработке 200-мм пластин, так и новейшие более перспективные заводы по обработке 300-мм пластин (табл.5) [17, 18]. Правда, отраслевые эксперты считают, что правительство не будет вкладывать значительные средства в "зрелые" 200-мм производства, а поддержит перспективные заводы по обработке 300-мм пластин. По неофициальным данным, аттестоваться на получение правительственных займов и паевых вложений в акции будут фирмы, чьи капиталовложения на превышают 1 млрд. долл. Ожидается, что все заявленные проекты будут реализованы в ближайшие три года, после аттестации на получение льгот [6].

Успех планов развертывания в Индии полупроводниковой промышленности будет зависеть, по крайней мере, на начальных этапах, от наличия достаточного числа квалифицированных специалистов (в противном случае может потребоваться "импорт мозгов"), капитала, необходимого для инвестирования, и льгот, предоставляемых государством. Развернуть в Индии полупроводниковые производства планируют компании Cypress Semiconductor, Intel, Philips и STMicroelectronics [12]. Для выполнения этих планов необходимы государствен-

* Восполнение разности между необходимым объемом финансирования и имеющимися ресурсами.

Таблица 5. Краткая характеристика проектов по сооружению кремниевых заводов

Фирма	Диаметр обрабатываемых пластин и стоимость проекта	Примечание
SemIndia/AMD	200 и 300 мм, 3,0 млрд. долл.	Производство микросхем для сотовых телефонов, ПК, телевизионных приставок и промышленной электроники. Вклад правительства Индии – 234 млн. долл. в акционерный капитал СП (общий объем капитала – 900 млн. долл.). Предоставление услуг по сборке, тестированию, маркированию и корпусированию. Технологическая поддержка компаний AMD, BOC и Flextronix.
India Electronics Manufacturing Corp. (IEMC)	300 мм, 3,0 млрд. долл.	90-нм микросхемы
Hindustan Semiconductor Manufacturing Co (HSMC)	300 мм, 3,5 млрд. долл.	Первоначальные мощности по обработке 200-мм пластин по 0,18-мкм топологии с последующим переходом к 0,13-мкм топологическим нормам (500 млн. долл.) и затем ввод в строй линий по обработке 300-мм пластин (3,0 млрд. долл.)
Nano-Tech Silicon India	200 мм, 600 млн. долл.	Возможно сотрудничество с фирмой IBM или Intel. Есть сведения о приостановке проекта
Nest Group	200 мм, 1,0 млрд. долл.	Проект поддерживается японскими партнерами. В 2006 году должен быть открыт центр проектирования микросхем, а в 2007-м – производственные мощности, включая линии по сборке и тестированию микросхем. Основная продукция – микросхемы памяти.

ные инвестиции не только в производство, но и в НИОКР. Министерство информационных технологий уже открыло Центр материалов электронной техники (СМЕТ), в задачи которого входит доведение до коммерциализации разработок разнообразных электронных материалов. В дальнейшем особое внимание будет уделено изучению материалов для СВЧ-приборов, корпусов электронных схем, оптоэлектронных устройств, сенсоров и актюаторов. Предусмотрены и разработки в области нанотехнологии [19].

Производственная база конечных электронных систем

Сегодня Индия весьма привлекательна для инвестирования в производство электронной аппаратуры. Страна укрепила свои позиции на рынках средств обработки данных и центров телефонного обслуживания (сервисные, консультативные, справочные и операционные центры, обслуживающие клиентов по телефону) и увеличила свою долю на мировом рынке средств ПО. Объем продаж электронной промышленности Индии составляет 5% от объема продаж промышленности Китая, но при этом Индии демонстрирует возможности быстрого развития. Чтобы стимулировать этот процесс, Министерство информационных технологий Индии подготовило документ, касающийся политики привлечения инвестиций в сферу новейших производственных мощностей по изготовлению полупроводниковых приборов, солнечных элементов, микросхем памяти, плоских дисплеев и телекоммуникационного оборудования.



За счет предоставления пакета налоговых и иных льгот местным и зарубежным инвесторам правительство планирует в ближайшие три года привлечь в электронную промышленность (в первую очередь в сектор беспроводных систем связи, в том числе и систем третьего поколения, 3G) около 11 млрд. долл. иностранных инвестиций. Предполагается также увеличить число специальных экономических зон, где, прежде всего, будут разрабатываться телекоммуникационные системы. Задачу превращения страны в одного из ведущих поставщиков связанного оборудования и услуг решает и Совет по содействию развитию экспорта Индии [20].

По данным исследовательской фирмы iSuppli, рынок мобильных телефонов Индии быстро развивается, и его объем за период 2005–2010 годы увеличится более чем в два раза. Для мировых изготовителей и поставщиков "мобильников" это означает, что индийский рынок нельзя игнорировать. Этот рынок почти целиком зависит от импорта в основном дешевых моделей с базовыми функциями. Поэтому особая забота изготовителей – разработка дешевых мобильных телефонов. Но вместе с тем местные производители ведут переговоры с зарубежными фирмами-изготовителями мобильных устройств с целью освоения совместного производства более сложных моделей, работающих с многочисленными местными языками. Для стимулирования отечественного производства и внутреннего спроса правительство страны поставило задачу выпустить в 2007 году мобильный телефон стоимостью 22 долл. В принципе это возможно – корпорация Motorola уже представила первый, изготовленный в Индии, мобильный телефон модели C115 по цене 37 долл. [21]. Не оставлена без внимания и задача освоения 3G-систем. Управление регулирования телекоммуникациями Индии рекомендовало продавать лицензии на оказание 3G-услуг через аукционы. При этом базовая цена региональных лицензий не должна превышать 17 млн. долл., а в регионах, где перспективы этого бизнеса скромны, планку желательно снижать. Лицензии будут предоставляться на диапазоны 450 МГц, 800 МГц и 2,1 ГГц. Ожидается, что коммерческая реализация 3G услуг начнется в конце 2007 года, а к 2012 году эти услуги будут развернуты во всех городах с населением более 100 тыс. человек [22].

Крупные многонациональные корпорации уже открыли в Индии заводы по производству приборов и оборудования для систем связи. Одной из последних это сделала компания Motorola [23], которая теперь планирует открыть завод по производству мобильных устройств и оборудования сетевых инфраструктур [24]. В течение нескольких последующих лет в Индии намерены открыть предприятия фирмы, поставляющие компоненты для мобильных систем компании Nokia, которая уже имеет в Индии свои производственные мощности. Фирмы, специализирующиеся на контрактном производстве изделий электроники, такие как Flextronics, Solectron и Jabil Circuit, также расширяют операции по обслуживанию рынка телекоммуникационных систем [23].

Заметна активность и в секторе вычислительной техники. Корпорация Dell, крупнейший в мире изготовитель компьютеров, приступила к поиску в Индии площадки под строительство завода, который планируется заложить до конца 2006 года [25]. Индийская компания Tata Group сообщила о намерении инвестировать 140 млн. долл. в создание фирмы, которая будет проектировать суперкомпьютеры. Первая ее программа – создание машины на базе 64-разрядных процессоров Itanium с параллельной суперкомпьютерной архитектурой [26].

ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ВЫВОД

Несмотря на определенные организационные и технические трудности, Индия шаг за шагом проводит государственную политику освоения и развития микроэлектроники, стремясь превратить ее в рычаг преобразования всей экономики страны. Высокодоходной отраслью экономики должно стать производство СБИС и разработка ПО для проектирования радиоэлектронной аппаратуры и решения других прикладных задач. Планируемое промышленное освоение микроэлектронных технологий с топологическими нормами от 90 до 0,11–0,13 мкм превратит Индию (вслед за Китаем) в страну с передовым уровнем электроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Макушин М. В.** Современное состояние и перспективы развития полупроводниковой промышленности КНР. – Зарубежная электронная техника, 2001, №1, с.3–40.
2. **Krishnadas K.C.** Work begins on SemIndia fab. – EE Times, 06/07/2006.
3. **Clendenin M.** China's value-added tax on ICs due to expire. – EE Times, 03/31, 2005.
4. **Clarke P.** China to form R&D fund to replace VAT rebate, says report. – EE Times, 04/15, 2005.
5. **Hopfner J.** Asia seen driving next wave of chip growth. – EE Times, 05/09, 2006.
6. **Clendenin M.** A head of steam. – EE Times, 01/10/2005.
7. **Arensman R.** India sharpens its focus on foundries. – Electronic Business, 6/20, 2006.
8. IC demand in Mainland China grew 32% to 45\$ Billion in 2005. – EuroAsia Semiconductor, May 2006, p.7.
9. Yao Gang. The Big-Fish Strategy: Engine of China's Growth. Movers and Shakers, Seventh Edition, June 22, 2006.
10. **LaPedus M.** SMIC tops Chartered in '05 foundry rankings. – EE Times, 03/25, 2006.
11. **Макушин М.В.** Индия: политика в области привлечения иностранных инвестиций и ее плоды. – Зарубежная электронная техника, 1997, №1, с. 3–13.
12. India's 2004 rank in the world electronics market. – Electronic Business, March 2005.

13. **Krishnadas K.C.** Waiting for ex-pats. – EE Times, 01/10, 2005.
14. **Merritt R.** Fabless companies will slowly shift to Asia, says investor. – EE Times, 10/09, 2006.
15. **Chitra Giridhar.** India design firms as product innovators. – Electronic Business, 7/18, 2006.
16. India tries to get its fab groove going. – Electronic Business, 5/23, 2006.
17. **Krishnadas K.C.** SemIndia signs AMD to India wafer fab project. – EE Times, 11/30/2005.
18. **Krishnadas K.C.** Report: India may take 26 percent equity in fab. – EE Times, 12/02, 2005.
19. **Krishnada K.C.** India revives materials center. – EE Times, 05/18, 2006.
20. **Krishnadas K.C.** India preps policy to promote high-tech manufacturing. – EE Times, 05/24, 2006.
21. This week's focus: India's mobile phone market. – Electronic Business, 5/23, 2006.
22. **Krishnadas K.C.** India to auction 3G spectrum. – EE Times, 09/27, 2006.
23. **Krishnadas K.C.** Study: Communications driving India semi sales. – EE Times, 06/08, 2006.
24. **Krishnadas K.C.** Motorola plans manufacturing plant in India. – EE Times, 06/06, 2006.
25. **Krishnadas K.C.** Report: Dell to set up India plant. – EE Times, 05/25, 2006.
26. **Krishnadas K.C.** India's Tata Group plans supercomputer venture. – EE Times, 05/08, 2006.

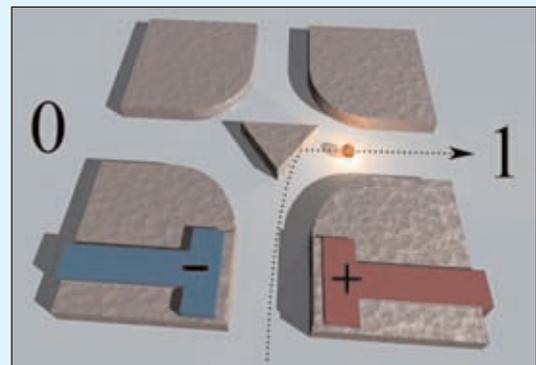
ТРАНЗИСТОР С СОВЕРШЕННО НОВЫМ ПРИНЦИПОМ ДЕЙСТВИЯ

Большое количество выделяемого современными транзисторами тепла и присущие им утечки начинают ограничивать их быстродействие. Исследовательские подразделения по всему миру ищут решения этой проблемы, но их усилия направлены лишь на совершенствование конструкции приборов, работа которых основана на переносе электронов – наподобие включения-выключения струи воды, текущей из крана. Ученые Университета Рочестера пошли по совершенно иному пути, подсказанному дипломником факультета компьютерной техники Квинтином Дидак. В предложенном ими приборе, названном баллистическим отклоняющим транзистором (Ballistic Deflection Transistor, BDT), поток электронов, как в обычной ЭЛТ, отклоняется структурой в нужном направлении.

Структура нового транзистора имеет вид креста, в середине которого создан электрод треугольной формы (см. рисунок). Эта крестообразная структура формирует область двухмерного электронного газа (Two-dimensional Electron Gas, 2DEG) чрезвычайно малой толщины. Изготовлена она на базе материала с высокой подвижностью электронов. Длина свободного пробега электронов в такой системе достигает 150 нм даже при комнатной температуре, т.е. движение их носит баллистический характер. Отсюда и первое определение в названии транзистора – "баллистический".

При подаче напряжения между верхним и нижним основаниями креста электроны начинают перемещаться от одного его конца к другому (например, снизу вверх). Затворы с двух сторон крестообразной структуры направляют поток электронов к одной из сторон треугольника, который отклоняет электроны в правый или левый канал в зависимости от смещения на затворах. Отсюда в названии и второе определение – "отклоняющий". При соударении электронов с отклоняющим треугольником энергия их существенно возрастает и происходит усиление сигнала. В зависимости от направления отклонения фиксируется логическая единица или логический ноль. Структура BDT – планарная, и все ее емкости, в том числе и затворов, чрезвычайно малы (порядка 10^{-18} Ф). Это значит, что рабочая частота их может достигать нескольких терагерц.

Поскольку по механизму начала и окончания движения электронов новый транзистор существенно отличается от традиционных устройств, выделяемое им тепло должно



быть много меньше, а быстродействие много выше. К тому же, шумовые характеристики BDT должны быть значительно лучше, чем у обычных, поскольку они вносятся лишь полем "смещения". А расчеты показали, что вносимые шумы будут подавлять друг друга при прохождении электронами отклоняющих затворов.

К достоинствам нового транзистора относится и возможность его изготовления с помощью современной технологии. Исследовательской группой на заводе нанотехнологии в Корнелле при поддержке Исследовательского Управления ВМС США был изготовлен опытный образец транзистора. Этот "большой" образец по своим размерам сопоставим с лучшими современными транзисторными структурами, созданными компаниями Кремниевой долины.

Основной недостаток транзистора на сегодняшний день – отсутствие тестового оборудования для испытания приборов на частоте в диапазоне 10^{12} Гц.

Коммерческие образцы BDT должны появиться уже через два года. По цене они будут сопоставимы с обычными приборами и найдут применение в системах коммутации волоконно-оптических сетей.

Отмечается, что идея, предложенная исследователями Университета Рочестера, заинтересовала Национальный научный фонд США, который выделил университету грант в размере 1,1 млн. долл.

Electronic Design, Nov.6, 2006.