

ЗАВОДЫ ПО ОБРАБОТКЕ ПЛАСТИН ДИАМЕТРОМ 300 ММ: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ



В этом случае, в зависимости от площади формируемого кристалла, его себестоимость на 300-мм пластине может снизиться более чем на 39% (табл. 1.) [1].

ВСЕМ ЛИ ПО КАРМАНУ ПРОИЗВОДСТВО 300-ММ ПЛАСТИН?

Осуществляемый сейчас переход на обработку 300-мм пластин повышает минимально эффективный масштаб производства (MES)¹ до такого уровня, когда только десяток полупроводниковых компаний в мире могут позволить себе самостоятельно осваивать и использовать 300-мм технологию. Высокая стоимость завода по обработке 300-мм пластин и вопросы окупаемости требуют быстрого перевода оборудования на поточно-массовое производство, чтобы полностью задействовать производственные мощности. Для этого лучше всего подходят три бизнес-модели: выпуск микропроцессоров (МП) для ПК; выпуск схем памяти и предоставление услуг кремниевого завода (foundry)². Кроме этого, по мнению представителей ряда ведущих компаний-производителей, возможна реализация четвертой бизнес-модели – выпуск СБИС типа "система на кристалле" (SOC) и специализированных ИС (ASIC). Однако такая модель требует объединения усилий нескольких изготовителей ИС (IDM)³ и совместного использования завода по обработке 300-мм пластин для НИОКР и производства. Примером могут служить совместные работы компаний STMicroelectronics, Royal Philips Electronics и Freescale Semiconductor в рамках консорциума Crolles2 Alliance (Кроль, Франция). Надо учитывать и ожидаемое в долгосрочном плане снижение темпов роста п/п промышленности, требующее увеличения эффективности производства. На развитие промышленности будут влиять и такие факторы, как рост стоимости шаблонов, увеличение сложности проектирования и необходимость сокращения срока вывода новой продукции на рынок. При переходе на обработку 300-мм пластин значение этих факторов растет, и для многих фирм их влияние становится непреодолимым. Для выхода из тупика предлагается создание "гига-технопарков", в пределах которых в сеть объединяются несколько 300-мм заводов. За счет этого минимизируют риски и достигается удешевление производства [2].

ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ

Надо сказать, что при создании заводов по обработке 300-мм пластин необходимо учитывать весь накопленный опыт, как в области

Таблица 1. Сопоставление числа и себестоимости кристаллов разной площади, размещаемых на 200- и 300-мм пластинах

Параметр	Диаметр пластины, мм		Прирост, %
	200	300	
Число кристаллов площадью 280 мм ²	85	208	145
Изменение себестоимости 1 кристалла площадью 280 мм ²	–	–	-40,8
Число кристаллов площадью 350 мм ²	68	163	140
Изменение себестоимости 1 кристалла площадью 350 мм ²	–	–	-39,6

В последние годы активно подчеркивается техническое и экономическое преимущество тех предприятий п/п отрасли, которые перешли с обработки 200-мм на обработку 300-мм пластин. Однако, кроме очевидных экономических преимуществ, существует ряд других факторов (остающихся в тени), влияющих на то, могут ли эти преимущества быть реализованы, и какую цену за это приходится платить. В результате складывается впечатление, что найдена панацея от всех бед: ведь именно такие предприятия выпускают сейчас большую часть п/п приборов. И если эти предприятия пригодны для выпуска любых п/п приборов, то, казалось бы, больше ничего и не надо. Так ли это? Нет ли здесь желания уйти от глубокого анализа? В этом и пытается разобраться автор.

ПОЧЕМУ НУЖНЫ БОЛЬШИЕ ПЛАСТИНЫ?

Желание использовать 300-мм пластины (вместо 200-мм) вызвано, прежде всего, экономическими соображениями. На 300-мм пластине, по сравнению с 200-мм, можно разместить почти в 2,5 раза больше интегральных схем (ИС). Это позволяет, как показывает опыт Infineon Technologies, снизить удельные затраты на производство одной ИС ДОЗУ емкостью 256 Мбит почти на 30% по сравнению с затратами на производство ИС аналогичной структуры при использовании 200-мм пластин.

Существуют и другие подходы к оценке эффективности обработки 300-мм пластин по сравнению с 200-мм. Например, согласно журналу Solid State Technology, можно сравнивать эффективность линий по обработке 200- и 300-мм пластин, исходя из предположений, что:

- сопоставимые линии выпускают по 20 тыс. пластин в месяц;
- при использовании 300-мм пластин (по сравнению с 200-мм) затраты на обработку пластины увеличиваются в 1,3 раза;
- стоимость 300-мм пластины увеличивается по сравнению – с 200-мм в 3,7 раза.

¹ Minimum Efficient Scale (MES) – минимально эффективный масштаб (размер) компании (объема производства), при котором достигаются минимальные средние затраты.

² Foundry – кремниевый завод по производству ИС по спецификациям заказчика с предоставлением широкого спектра услуг использования инструментальных средств компаний-союзников из числа поставщиков САПР для проектирования собственных ИС с использованием библиотек стандартных элементов различных fabless- и IDM-компаний (по контрактам этого завода с последними), платформ и сложных функциональных блоков (на тех же условиях). Кремниевые заводы могут заниматься разработкой новейших технологических процессов, но не разработкой собственных конструкций ИС.

³ Integrated Device Manufacturers (IDM) – традиционные полупроводниковые компании с полным циклом, включающим разработку, проектирование, производство и маркетинг ИС.



организации производства, так и экономии ресурсов и охраны окружающей среды. Подобное современное п/п предприятие чем-то напоминает производство искусства (подробнее см. врезку).

В процессе освоения 300-мм производства прошло три "волны". Первая началась в 2000–2001 годах и охватила семь заводов. Сооружались, оснащались или переоснащались оборудованием заводы по обработке 200-мм пластин. Это были в основном заводы по обработке ДОЗУ, микропроцессоров и кремниевые заводы. Опытное производство начали Infineon Technology, Intel и TSMC. В 2001 году к поточно-массовому производству должны были приступить заводы: Trecenti (опытное производство), UMC, Texas Instruments (DSP – сигнальные процессоры) и TSMC. Затем планировалось присоединить к ним в течение 2002 года серийные производства Trecenti, Infineon Technology, STMicroelectronics/Philips (опытное производство), TSMC, Intel (два завода), Samsung, ProMOS, NEC/Hitachi Memory, Powerchip. В результате общее число заводов должно было составить 17. Однако, из-за последовавшего за рекордным 2000 годом "провального" 2001-го, когда продажи п/п приборов сократились почти на 30%, и последовавшего за ним "вялого" 2002 года, ряд намеченных проектов был отложен. На этом этапе в целом доминировали технологии 0,13–0,14 мкм и просматривались возможности последующего перехода на технологию 0,11-мкм. Стоимость заводов составляла 1,2–2,0 млрд. долл., а мощность (стартовых пластин в месяц) – от 15,0 до 30 тыс. штук.

Вторая волна прокатилась в 2003–2004 годах, в строй было введено около 14 заводов. В основном они имели линии по производству ДОЗУ или были кремниевыми заводами. Наибольшее внимание на этих заводах уделялось освоению 90-нм технологии.

Особенностью нынешнего, третьего, этапа освоения обработки 300-мм пластин является переход на процессы с технологическими нормами 65 нм и менее. Удовольствие весьма дорогостоящее (цена доходит до 4 млрд. долл.) и не всем по карману. Так, пионер освоения 300-мм производства компания Infineon Technologies 17 ноября этого года объявила о намерении разделить деятельность по производству ДОЗУ и логических приборов. Кроме того, высказывалось намерение осуществить первоначальное публичное размещение акций (IPO)⁴ в области бизнеса по производству схем памяти. Все это может предвещать переход Infineon Technologies к бизнес-модели fabless-компаний⁵ по производству КМОП-приборов по технологиям с проектными нормами менее 90 нм. Представители компании дали понять, что такой переход может последовать за осуществлением "избирательной производственной стратегии" в области производства логических приборов, которая "усилила бы ее конкурентные преимущества".

Представители компании Infineon Technologies отметили, что "на сегодня они не имеют намерений строить собственные производственные мощности, рассчитанные на 65-нм технологии". При этом компания не откажется от использования существующих производственных комплексов в Германии и Франции, по ее мнению это укрепит установившиеся партнерские отношения ее с другими компаниями в области НИОКР и производства. Как только от компании "отпочкуется" (spin-off)⁶ вместе со своими производственными мощностями подразделение по производству схем памяти, остав-

⁴ Initial Public Offering (IPO) – первоначальное публичное предложение акций – первый выпуск своих акций на рынок новой компанией или компанией, которая преобразуется из закрытой в открытую.

⁵ FABricationLESS – тип такой организации п/п бизнеса, когда компания занимается разработкой, проектированием и маркетингом ИС, а их изготовление осуществляется на кремниевых заводах или свободных мощностях традиционных фирм (IDM).

⁶ Spin-off (или spin-out) – создание новой компании путем отделения от существующей и передача ей части активов.

шийся бизнес (производство логических ИС) может использовать эти отношения в плане аренды производственных мощностей. Тем временем компания Infineon Technologies могла бы сосредоточиться на проектировании логических ИС.

В настоящее время в области 90-нм технологий компания Infineon Technologies сотрудничает с корпорацией United Microelectronics (UMC), а партнерские отношения в сфере разработки 65- и 45-нм технологий установлены с компаниями Chartered Semiconductor, IBM и Samsung [3].

Тем не менее, бюджеты капиталовложений ведущих изготовителей в 2005 году в целом говорят о том, что уже началось сооружение девяти новых 300-мм производств. В это число вошли компании Intel, Samsung и TSMC. Стоимость новых заводов колеблется в пределах 2,5–4 млрд. долл. Практически все они ориентированы на 65-нм технологии. Еще одна особенность современного производства – рост числа линий, производящих логические ИС и флэш-память, и сокращение доли изготовителей ДОЗУ и кремниевых заводов.

В целом, большая часть мощностей по обработке 300-мм пластин находится в Азиатско-Тихоокеанском регионе – АТР (Тайвань – 31,4%; Корея – 19,1%; Сингапур – 10,3%; Япония – 8,0%; Китай – 2,9%). За счет стран АТР будет получен основной прирост мощностей в ближайшее время (около 1350 тыс. пластин/месяц). Рынок оборудования для обработки 300-мм пластин уже в 2004 году превзошел по объему продаж рынок оборудования для обработки пластин других диаметров.

СКОЛЬКО ВРЕМЕНИ НЕОБХОДИМО НА СТРОИТЕЛЬСТВО СОВРЕМЕННОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ?

Согласно требованиям Международной технологической карты развития п/п приборов редакции 2004 года (International Technology Roadmap for Semiconductors. 2004 Update, ITRS [4]), время сооружения завода (в месяцах) по обработке пластин определяется как период от начала работ нулевого цикла до момента установления в производственной зоне первого инструментального средства, готового к подключению, когда все системы здания прошли проверку на предмет установки оборудования. Время до выхода первой пластины (в месяцах) определяется как период от установки первого инструментального средства до выхода первой пластины, обработанной по полному циклу (для долгосрочной перспективы в редакции Технологической карты 2004 года дается время от установки второго инструментального средства до выхода первой пластины, обработанной по полному циклу). Сумма данных показателей составляет время от начала строительства до выхода первой продукции. Сроки ввода в строй новых заводов по обработке пластин приведены в табл. 2, 3 [4]. Нужно отметить, что эти цифры не точные, а ориентировочные. Реальные же сроки зависят от конъюнктуры рынка.

КАКОВЫ РЕАЛЬНЫЕ ТЕМПЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛИ 300-ММ ПЛАСТИН?

По данным Группы изготовителей кремниевых материалов (Silicon Manufacturers Group, SMG) Международной организации поставщиков полупроводниковых материалов и оборудования (SEMI), отгрузки кремниевых пластин в 2004 году достигли 40,399 млрд. см², что на 22% больше, чем в 2003 году. При этом доходы от их продаж выросли на 26% – с 5,8 до 7,3 млрд. долл. [5]. Около 15% мировых производственных мощностей (в пересчете на 200-мм эквивалент) в 2004 году приходилось на заводы по обработке 300-мм пластин (без учета опытного производства) [5, 6].

Что касается оценки итогов 2005 года и ближайших нескольких лет, то по данным SMG ожидается увеличение поставок кремниевых пластин. Рост их отгрузок в 2005 году (по сравнению с предше-

ствующим годом) составит 2%, в 2006-м – 7%, в 2007-м – 5,8%, в 2008-м – 11%. Общий объем отгрузок увеличится почти в 1,3 раза (с 41,193 до 52,851 млрд. кв. см).

Основной причиной такого устойчивого роста будет увеличение использования пластин диаметром 300 мм, на которые в 2006 году придется 25% общего объема поставок кремниевых пластин [7]. Выход 300-мм пластин на уровень 50% от мирового рынка ожидается не ранее 2008–2010 годов.

КАКОВА СУДЬБА ЗАВОДОВ ПО ОБРАБОТКЕ 200-ММ ПЛАСТИН?

Что касается заводов по обработке 200-мм пластин, то они по-прежнему будут играть определяющую роль, их использование будет продлено переходом на технологии 90 и 65 нм. Установленное на них оборудование позволяет сделать это. Но развитие технологии не останавливается – появление следующего технологического поколения с проектными нормами 45 нм, согласно Международной технологической карте развития п/п приборов редакции 2004 года, ожидается в 2010 году. Таким образом, заводы по обработке 200- и 300-мм пластин будут сосуществовать еще достаточно долго, производя различные продукты. При этом подразумевается, что поставщики оборудования и материалов продолжат параллельно поддерживать оба размера пластин на протяжении смены, как минимум, двух технологических поколений. Стоимость 200-мм оборудования, возможно, в ближайшее время упадет на 40% по сравнению с уровнем 2004 года (по тем же топологическим нормам) [2], что сделает такие комплекты более доступными для освоения; особенно в тех странах, где микроэлектроника находится на начальной стадии развития.

Можно полагать, что диаметр 200 мм как целевой показатель наиболее приемлем в настоящее время для Индии и Китая, а также для России, где с 1991 года не введено в строй не одного предприятия

Таблица 2. Сроки ввода в строй новых заводов по обработке пластин. Краткосрочная перспектива

Характеристики \ Год производства	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Технологический уровень (после освоения массового производства), нм	–	90	–	–	65	–	–
Полушаг элементов ДОЗУ, нм	100	90	80	70	65	57	50
Полушаг элементов МП/спец-ИС на первом слое металлизации, нм	120	107	95	85	76	67	60
Полушаг элементов МП/спец-ИС в надконтактном слое поли-Si, нм	107	90	80	70	65	57	50
Ширина печатных изолирующих линий затвора МП, нм	65	53	45	40	35	32	28
Ширина физических изолирующих линий затвора МП, нм	45	37	32	28	25	22	20
Время сооружения завода, месяцев	10	10	10	9	9	9	8
Время до выхода первой пластины, месяц	4	3,5	3,5	3	3	2,5	2,5
Время от начала строительства до выпуска первой продукции, месяцев	14	13,5	13,5	12	12	11,5	10,5

по изготовлению ИС и фактически нет ни одного завода по обработке 200-мм пластин. Кстати, с учетом того, что в Китай сдвигается все большая часть производственных мощностей п/п промышленности, интересно проанализировать ситуацию в Поднебесной.

ПОЧЕМУ КИТАЙ БУДЕТ ДЕРЖАТЬСЯ ЗА 200-ММ ПРОИЗВОДСТВО "ДО ПОСЛЕДНЕГО"?

Китай сделал первые шаги по освоению производства ИС на 300-мм пластинах в 2004 году и огласил планы быстрого разворачивания таких производств с использованием бизнес-модели кремниевого завода. Однако по мнению исследовательской корпорации IC Insights (США), расширение мощностей китайской микроэлектроники будет осуществляться (по крайней мере до конца текущего десятилетия) главным образом за счет заводов по обработке пластин диаметром 150 и 200 мм. Это обусловлено сочетанием устойчивых продаж ИС на внутреннем рынке и новыми трудностями, связанными с увеличением инвестиций в дорогостоящие заводы по обработ-

Заводы корпорации SMIC в Китае

К концу 2000 года, когда мировая п/п промышленность входила в очередной, самый серьезный, цикл спада, корпорация SMIC начала планирование и сооружение своих первых заводов по обработке 200-мм пластин, которые готовились к новому циклу оживления деловой конъюнктуры. Пока эта компания сооружала заводы в Шанхае, другие зарубежные компании строили и оборудовали первые заводы по обработке 300-мм пластин. И когда компания SMIC оказалась готова к созданию своего первого завода по обработке 300-мм пластин в Пекине (Fab4), уже имевшие опыт поставщики смогли помочь ему построить и оборудовать этот завод.

Завод Fab4 использует так называемую архитектуру трех заводов (tri-fab), отделяющую процессы формирования транзисторной структуры (FEOL) и алюминиевой металлизации от завершающих этапов (BEOL) формирования медных межсоединений. Эта своеобразная концепция конструктивного решения была использована на заводах, созданных ранее в Шанхае. Она улучшает процесс обработки пластин за счет физического разделения этапов формирования медных межсоединений от других процессов в целях минимизации риска перекрестных загрязнений. Кроме того, tri-fab-конструкция включает в себя встроенные возможности для новой бизнес-модели кремниевго завода, которая фокусируется на предоставлении услуг по формированию слоев медных межсоединений новейших логических ИС. Это позволяет IDM передать "на сторону" "медные" процессы и снизить уровень инвестиций в свои собственные заводы по обработке пластин.

В последние месяцы 2004 года завод Fab4 приступил к начальным процессам обработки пластин по созданию 0,11-мкм ДОЗУ для своего стратегического потребителя услуг кремниевго завода – Infineon Technology (Германия). Завод Fab4 использует для обработки 300-мм пластин при формировании кристаллов ДОЗУ 0,1-мкм процессы корпорации Elpida Memory (Япония).

Другим этапом развития пекинского производственного центра явится завод Fab6C, который будет первоначально использоваться для предоставления заказчикам BEOL услуг формирования медных межсоединений. 300-мм линия этого завода будет исполнять соглашение по услугам кремниевго завода компании SMIC для компании Texas Instruments и предоставлять полные технологические процессы формирования 90-нм кристаллов логических ИС.

Кроме того, в пекинском кусте находится Fab5 – планируемый завод по обработке 300-мм пластин (логические ИС), находящийся в процессе сооружения, – в строй он вступит позднее, это зависит от спроса на рынке.

В отличие от 300-мм заводов, расположенных в других странах, пекинский завод SMIC изначально создавался с высоким уровнем автоматизации и возможности транспортировки пластин. Завод использует методику проектирования топологии ИС, позволяющую создать полностью интегрированную систему автоматизации производства. Его новейшая компьютерная система основана на системе управления производством, использованной на 200-мм заводах компании SMIC, и включает дополнительные функции для управления контейнером FOUP, автоматизации классификации пластин, их транспор-

**Таблица 3. Сроки ввода в строй новых заводов по обработке пластин. Краткосрочная перспектива**

Характеристики \ Год производства	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Технологический уровень (при массовом производстве), нм	45	—	—	32	—	—	22	—	—
Полушаг элементов ДОЗУ, нм	45	40	35	32	28	25	22	20	18
Полушаг элементов МП/спец-ИС на первом слое металлизации, нм	54	48	42	38	34	30	27	24	21
Полушаг элементов МП/спец-ИС в надконтактном слое поли-Si, нм	45	40	35	32	28	25	22	20	18
Ширина печатных изолирующих линий затвора МП, нм	25	22	20	18	16	14	13	11	10
Ширина физических изолирующих линий затвора МП, нм	18	16	14	13	11	10	9	8	7
Время сооружения завода, месяцев	8	9	9	9	9	9	8	8	8
Время до выхода первой пластины, месяцев	2,5	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1
Время от начала строительства до выпуска первой продукции, месяцев	10,5	11	11	11	11	10,5	9,5	9,5	9

ке 300-мм пластин. Таким образом, пока не будут осуществлены массивные инвестиции, действующие китайские компании будут делать упор на 200-мм производство.

В начале 2004 года наиболее передовые изготовители ИС нацелились на увеличение своих фондов за счет первоначального публичного предложения акций (IPO). Однако большинство этих планов рухнуло, когда компания Semiconductor Manufacturing International (SMIC) со своим IPO "пробила мимо ворот", не набрав ожидавшейся выручки в 1,8 млрд. долл. Цена за ее акции (с заявленных в марте 17,5 долл.) упала к июлю до 9,37 долл. После небольшого оздоровления осенью 2005 года она к настоящему времени вернулась к отметке 10 долл. за акцию на Нью-Йоркской фондовой бирже. Если бы ситуация сложилась иначе и цена за акцию составляла бы сейчас 25 долл., другие фирмы также смогли бы увеличить свои денежные активы за счет IPO, что стало бы сигналом к действию.

Тем не менее, компания SMIC успешно запустила первый в КНР завод по обработке 300-мм пластин (Fab4, Пекин) в IV квартале

⁷ В ноябре 2005 года о намерении соорудить завод по обработке 300-мм пластин объявила компания Shanghai Hua Hong NEC Electronics. Есть такие планы и у компаний TSMC и UMC.

2004 года, на котором сейчас изготавливаются ДОЗУ для Infineon Technology и Elpida Memory. После этого о своем намерении построить в Китае второй завод по обработке 300-мм пластин заявили STMicroelectronics (Европа) и Hynix Semiconductor (Корея). Завод стоимостью 2,0 млрд. долл. будет построен в г. Вукси.

Первоначально на 200-мм линиях будут изготавливаться ДОЗУ и ИС флэш-памяти. К 2007 году к мощностям завода добавят 300-мм линию. Еще один 300-мм завод построит шанхайская корпорация Grace Semiconductor Manufacturing. Кроме того, SMIC может построить еще один завод по обработке 300-мм пластин и к 2007 году. В результате в КНР окажется четыре таких производства, а к 2009 году их число увеличится, как минимум, до пяти (рис. 1) [8]. Хотя данные IC Insights могут оказаться спорными⁷.

Из сказанного ясно, что во второй половине текущего десятилетия основной прирост производственных мощностей микроэлектроники КНР будут обеспечивать 150- и 200-мм заводы. Число заводов по обработке 200-мм пластин в период с 2003 по 2009 годы в Китае более чем утроится, а 150-мм заводов – почти удвоится. При этом все новые производственные мощности, строящиеся в КНР, будут совместимы с обработкой 300-мм пластин (то есть закладывается возможность перехода в дальнейшем на обработку таких пластин или добавления линий по их обработке), но большая часть новых линий будет установлена под обработку 200-мм пластин. Следующая волна заводов по обработке пластин также окажется совместима с 90-нм процессами, а это подразумевает, что большинство из них будут требовать "мостовых" инструментальных

тировки и поддержки возможности транспортировки одним FOUNP-контейнером различных партий пластин.

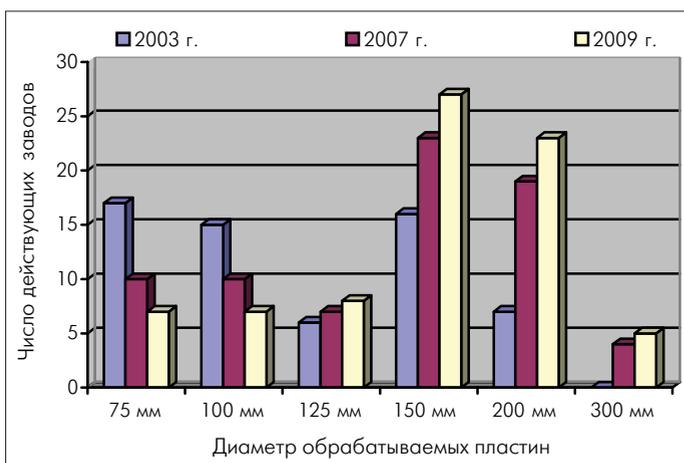
Одним из основных факторов успешного бизнеса по обработке 300-мм пластин является способность предложить различные технологии и процессы при достижении эквивалентного или более высокого выхода годных, чем на 200-мм пластинах. В конце ноября 2004 года завод Fab4 достиг на 300-мм пластинах выхода годных, эквивалентного или даже лучшего, чем на 200-мм структурах. Однако этот новый 300-мм завод продолжает работать над поддержкой устойчивости выхода годных при переходе на большие объемы производства. Конечная цель производства ИС на 300-мм пластинах – предоставление всех возможностей кремниевого завода для отработки полного цикла изготовления схем памяти, логических ИС, ИС смешанной обработки сигнала с использованием технологий вплоть до 65 нм. С этой стороны завод Fab4 должен был аттестовать свой первый 0,15-мкм логический процесс к концу 2004 года с выходом на опытное производство по 90-нм технологиям в III кв. 2005 года. Мощность завода Fab4, как ожидается, возрастет с 3,0 тыс. пластин в месяц в конце 2004 года до 22,0 тыс. пластин в месяц к концу 2005 года.

Приспособливание 300-мм заводов к условиям Пекина. Строительство и функционирование заводов по обработке 300-мм пластин в Пекине сопряжено с необходимостью преодоления ряда проблем. Минимум дважды в год на протяжении многих лет бушующие в монгольских пустынях бури обрушиваются на Пекин. Соответственно, в конструкторских решениях необходимо предусматривать меры, гарантирую-

щие защиту зданий от пыли и песка. Три существующие уровня защиты – закрывающиеся жалюзи вентиляторов, автоматически включающиеся фильтры, воздушные фильтры и воздухоочистители – эффективно защищают от частиц песка. Благодаря им выдерживаются требования стандартов по чистоте воздуха для **чистых комнат классов 100 и 1000** на участках фотолитографии и, соответственно, по всей площади завода.

Кроме того, конструкция завода учитывает ограниченность водных ресурсов Пекина и высокую стоимость воды и очистки сточных вод. Для повседневного операционного использования завод обладает емкостями для сбора и хранения воды – на 2,6 тыс.м³. Кроме того, сложная сеть сбора воды и системы ее очистки позволяют повторно использовать воду из чистых комнат и техническую воду. К концу 2006 г. коэффициент очистки ультрачистой (сверхчистой) воды, использованной в чистых комнатах завода при обработке пластин, достигнет 80%.

Зимние температуры в Пекине также предоставляют возможности для энергосбережения. В течение холодного сезона с ноября по март стояки водяного охлаждения используют внешний воздух для создания "свободной" охлаждающей системы, которая позволяет отключать все холодильники, обычно используемые для контуров водяного охлаждения и систем кондиционирования. Тепло от контуров технологического тепловыделения также повторно используется для операционных задач. Здания в пекинском комплексе SMIC разработаны и сконструированы с расчетом на температуру до -15°C.



Прогноз наращивания производственных мощностей в КНР

средств и нового оборудования. При этом поставки бывших в использовании и модернизированных инструментальных средств для обработки 200-мм пластин быстро сокращаются.

Хотя высокая стоимость 300-мм заводов является одним из важных факторов, из-за которых КНР предпочитает делать упор на 150- и 200-мм линии, существует и другое обстоятельство, являющееся основным при принятии решения о финансировании их строительства. Речь идет о возможности быстрого выхода на стадию серийного производства. Это важный фактор, так как собственно китайские мощности покрывают только 10% потребностей внутреннего рынка п/п приборов. Кроме того, рост использования 90-нм ИС в электронных системах различного назначения усложняет стоящую перед страной задачу обеспечения самодостаточности в сфере п/п приборов. Новые же 200-мм заводы позволяют изготовителям ИС обслуживать существенно большее число разнообразных рынков конечных электронных систем.

По существу, заводы по обработке 300-мм пластин должны обслуживать крупносерийное и массово-поточное производство. Это прежде всего ДОЗУ и некоторые типы логических ИС, таких как микроконтроллеры и МП. Пока же в Китае часто отсутствует необходимый для экономически эффективного производства объем спроса на изделия 300-мм заводов. Таким образом, в КНР сейчас намного эффективнее обрабатывать 200-, а не 300-мм пластины [8, 9].

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. 300-мм диаметр обрабатываемых пластин не является целевым технологическим параметром, а обусловлен чисто экономическим фактором – стремлением увеличить объемы производства при условии расширенного спроса на рынке.
2. Использование 300-мм пластин требует больших начальных затрат на организацию производства (до 4 млрд. долл. при технологической норме 0,065 мкм), стоимость получения кристалла может быть снижена на 30%.
3. Наибольшая эффективность будет наблюдаться при производстве СБИС с большим размером кристалла (более 200 мм²).
4. Производственная база 300-мм производства сосредотачивается в АТР.
5. Освоение 300-мм производств за рубежом дает России шанс осуществить закупки современного оборудования для обработки 200-мм пластин по сниженным ценам, создать современную базу микроэлектроники и модернизировать на этой основе национальную экономику (повысив ее эффективность и преодолеть зависимость от экспорта энергоносителей). Это не означает, конечно, что Россия не нуждается в освоении обработки 300-мм пластин.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.В.Макушин. Тенденции изменения структуры мировой полупроводниковой промышленности. Ч.1. Стратегии традиционных фирм в новых условиях. – Зарубежная электронная техника, 2002, вып. 1 (435), с.10–11.
2. Laurent Bosson. Challenges range from 300-mm economies to new cost pressures and technical barriers. – Wafer News. Special Issue. 2005, July 11.
3. John Walko. Commentary: Is Infineon going fabless? www.eetimes.com/news/latest/showArticle.jhtml?articleID=174300791
4. International Technology Roadmap for Semiconductors. 2004 Update. Factory Integration, p.4, 7, 18, 21.
5. Worldwide silicon wafer area shipments increased by 22% in 2004. – Solid State Technology, Feb. 9, 2005.
6. 300-mm tools gain momentum in flat market period. Wafer News, July 18, 2005.
7. В ближайшие годы ожидается рост поставок кремниевых пластин. – Экспресс-информация по зарубежн. электрон. технике, вып. 41 (6067), 13.10.05.
8. Why China will keep pushing 200-mm as far as it will go? http://sst.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=219389&KEYWORDS=300mm%20wafer&p=67
9. 300-mm Investment Drives Cap Spending Growth. www.reed-electronics.com/eb-mag/index.asp?layout=articlePrint&articleID=CA507583

Семинар компании Synopsys

Компания “Альт-С”, дистрибьютор компании Synopsys, не раз радовала российских разработчиков интегральных схем встречами со специалистами Synopsys – лидера рынка средств САПР СБИС. На очередном семинаре, который состоялся 13 декабря, ведущий инженер Synopsys Рафи Коен (Rafi Cohen) ознакомил собравшихся с новейшими достижениями компании в области функциональной верификации ИС и кратко рассказал о платформе Discovery, объединяющей весь спектр средств верификации: от системного уровня до моделирования на транзисторном уровне. Были рассмотрены такие средства, как: System Studio (поддержка проектирования на системном уровне с использованием описаний на языках С, С++, SystemC); VSC (комплексная система логического и смешанного моделирования); Magellan (формальная верификация HDL-описаний на базе технологии Assert-функций); Formality (статическая формальная верификация – проверка функциональной эквивалентности HDL-описания и описания на уровне списков целей); Leda (проверка HDL-описаний на соответствие заданным правилам кодирования) и NanoSim и HSPICE (популярные средства моделирования на транзисторном уровне).

Но основное внимание было уделено новым технологиям верификации и применению этих технологий в продуктах Synopsys. Подробно рассматривалось использование встроенных проверок на базе Assert-функций, причем не только в системе моделирования, но и в системах формальной верификации и подготовки тестов. Помимо программных средств, обеспечивающих подготовку тестового окружения, были представлены методологические разработки в этой области, в том числе руководство по методологии верификации (Verification Methodology Manual), разработанное Synopsys совместно с компанией ARM. Значительная часть выступления посвящалась разъяснению преимуществ языка SystemVerilog, который обеспечивает эффективное проектирование и всестороннюю верификацию как электронных систем, так и СБИС. В заключение была продемонстрирована пользовательская оболочка платформы верификации – Discovery Visualization Environment. Рабочим языком семинара был английский, но это участников не смущало.

Д. Сорока