

Контрактное производство ИС: ведущие мировые кремниевые заводы расширяют мощности

Часть 1

М. Макушин¹

УДК 621.37 | ВАК 05.27.06

Кремниевые заводы все в большей мере становятся основой производственной базы полупроводниковой промышленности – особенно в сфере новейших и перспективных технологических процессов. Даже крупнейшие традиционные микроэлектронные фирмы полного цикла, такие как Intel и Samsung, вынуждены по экономическим соображениям использовать эту бизнес-модель.

Однако сосредоточенность кремниевых заводов в Азии, в первую очередь на Тайване, делает эту индустрию уязвимой с геополитической точки зрения. Это, в частности, замедление развития крупнейшего кремниевого завода КНР (SMIC) из-за американских санкций, с одной стороны, а с другой – вывод современных производств с Тайваня в США (TSMC) из-за опасений поглощения острова материковым Китаем.

Термином **кремниевый завод (foundry)** принято обозначать контрактное производство ИС по спецификациям заказчика. При этом заказчику для облегчения проектирования ИС предоставляются возможности использования инструментальных средств САПР, баз библиотек стандартных элементов платформ и СФ-блоков² различных фирм-партнеров кремниевого завода. Эта бизнес-модель возникла чуть позднее, чем fabless-фирмы, специализирующиеся на «чистом» проектировании ИС. Первоначально заказы fabless-фирм исполнялись вертикально-интегрированными корпорациями полного цикла (разработка, проектирование и производство ИС) – IDM, однако при этом отсутствовал гарантированный доступ к производственным мощностям, а зачастую и необходимые специализированные процессы. Возникла потребность в специализированных контрактных производителях ИС. Первые кремниевые заводы, тайваньские TSMC (1979) и UMC (1986), «отпочковались» (spin-off) от государственного Института промышленно-технологических исследований (ITRI) Тайваня, выделившись в самостоятельные компании с получением части

активов, после завершения исследовательских программ в области субмикронных полупроводниковых технологий. В свою очередь, появление fabless-индустрии связано с развитием рынка электронной аппаратуры и появлением на нем сегментов, требовавших производства малых и средних партий специализированной конечной аппаратуры для определенного круга заказчиков. IDM, производившие в основном массовые партии стандартных ИС, не всегда могли удовлетворить требования изготовителей комплектной аппаратуры (OEM) в части создания приборов необходимой сложности по приемлемым ценам. Поэтому появились фирмы, занятые конструированием специализированных ИС (ASIC), программируемых логических и некоторых других типов приборов, как правило, более дешевых, чем их аналоги у IDM.

В процессе масштабирования, по мере усложнения и удорожания производственного оборудования, разработки технологических процессов и проектирования ИС число IDM стало сокращаться. Переломом стал период 2005–2010 годов, когда при достижении технологического уровня 22/20 нм многие IDM или превратились в fabless-фирмы, или ушли в другие отрасли, а корпорации Intel и Samsung начали использовать модель кремниевого завода, причем Intel предпринимает эту попытку уже во второй раз. Первый опыт не удался – руководство и специалисты не восприняли foundry-менталитет: обслуживался, прежде всего, узкий круг партнеров корпорации (лицензировавших технологию Intel),

¹ АО «ЦНИИ «Электроника», главный специалист, mmackushin@gmail.com.

² Semiconductor IP – совокупность наработок фирмы в области создания библиотек стандартных/заказных элементов и инфраструктуры их поддержки. В России именуется сложно-функциональными (СФ) блоками.

под каждый заказ выделяли свободные на данный момент мощности. Samsung же, опередив Intel с освоением бизнес-модели кремниевого завода на несколько лет, сразу создала в своей структуре автономное подразделение – Samsung Foundry – и обеспечила заказчикам максимальный уровень поддержки. Сейчас это подразделение обладает восемью технологическими линиями в США и Южной Корее, которые способны производить ИС в широком диапазоне проектных норм.

То, что происходит сейчас с производственной базой микроэлектроники, скорее всего промежуточный этап. Многие новые тенденции до конца не оформились. Но ясно несколько моментов. Во-первых, повышается уровень монополизации рынка микроэлектроники с производственной точки зрения. Среди кремниевых заводов произошло расслоение – крупнейшие из них оказались способными выдерживать гонку масштабирования и даже быть впереди по технологическому уровню крупнейших IDM, а более мелкие ушли в ниши рынка. Во-вторых, повышаются входные барьеры для желающих появиться на данном рынке. В-третьих, значение гарантированного доступа к современным производственным мощностям микроэлектроники становится фактором не только конкурентоспособности, но и выживания как fabless-фирм, так и производителей электронных систем. Наконец повышается значение изделий микроэлектроники для обеспечения задач модернизации экономики, обеспечения национального суверенитета и т. п.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА КРЕМНИЕВЫХ ЗАВОДОВ

Динамика развития рынка кремниевых заводов и перспективы до 2025 года

По данным корпорации IC Insights, продажи кремниевых заводов в 2021 году должны увеличиться до 107,2 млрд долл. (здесь и далее итоговых данных за 2021 год пока нет). В 2025 году этот рынок достигнет 151,2 млрд долл., а среднегодовые темпы прироста продаж в сложных процентах (CAGR) за 2021–2025 годы составят 11,6% (рис. 1). Рынок состоит из «чистых» кремниевых заводов (TSMC, GlobalFoundries, UMC, SMIC и т. д.) и интегрированных производителей (IDM – Samsung и Intel), оказывающих услуги кремниевых заводов в дополнение к производству собственных ИС.

Рост рынка кремниевых заводов обусловлен устойчивым спросом на современные компьютерные и



Рис. 1. Динамика и прогноз доходов кремниевых заводов

прикладные процессоры, используемые в сетях и центрах обработки данных (ЦОД), новых 5G-смартфонах и ИС, применяемых в других быстрорастущих сегментах рынка, таких как робототехника, самоуправляемые транспортные средства и перспективные системы помощи водителю (ADAS), искусственный интеллект, машинное обучение и системы распознавания изображений. Ожидается, что в 2025 году рынок кремниевых заводов достигнет 151,2 млрд долл., а CAGR за период 2021–2025 годов составят 11,6%.

Продажи «чистых» кремниевых заводов в этом году вырастут на 24% до 87,1 млрд долл. (рост в 2020 г. – 23%), а в 2025 году составят 125,1 млрд долл. (CAGR = 12,2%). Доля «чистых» кремниевых заводов увеличится с 81,2 до 82,7%. Эти поставщики вкладывают значительные средства в создание новых мощностей. Рост рынка IDM, оказывающих услуги кремниевых заводов, в 2021 году должен составить 18% (до 20,1 млрд долл.), а в 2025 году достигнет 26,1 млрд долл. при CAGR = 9%. Большую часть этого сегмента занимает Samsung Foundry (автономное подразделение Samsung). Корпорация Intel в рамках новой стратегии IDM 2.0 планирует стать крупным поставщиком услуг кремниевых заводов [1].

Что касается структуры рынка кремниевых заводов по изготовителям, то здесь интерес представляют оценки ресурса TrendForce (рис. 2). Некоторые различия в объемах доходов по сравнению с данными IC Insights объясняются несовпадением в подходах, а также тем, что исследование IC Insights было опубликовано в сентябре, а оценки TrendForce – в апреле 2021 года. Специалисты TrendForce отмечают, что примечательным явлением в бизнесе кремниевых заводов стал их выход в сектор услуг с использованием перспективных методик корпусирования ИС [2].

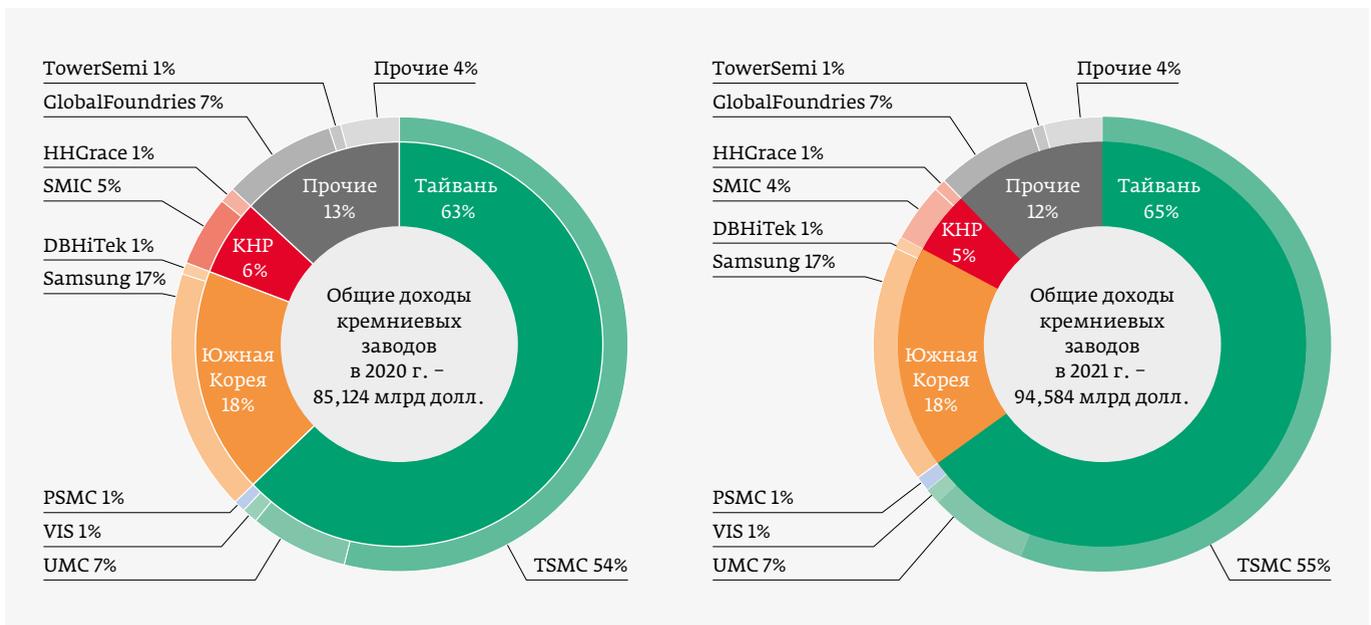


Рис. 2. Структура доходов кремниевых заводов в 2020–2021 годах

Также интересен еще один, теперь декабрьский, прогноз IC Insights. По его данным мировые капиталовложения в полупроводниковую промышленность в 2021 году вырастут на 34% и составят 152 млрд долл. (в 2020 г. – 113,1 млрд долл.). Это самый высокий прирост с 2017 года (+41%). На сегмент кремниевых заводов придется 35% капиталовложений – в основном это затраты на новые заводы и оборудование для 7/5/3-нм процессов, что подчеркивает растущую зависимость отрасли от этой бизнес-модели. На долю TSMC, крупнейшего кремниевого завода в мире, в этом году придется 57% от 53 млрд долл. капиталовложений этого сегмента. Капиталовложения SMIC из-за санкций США сократятся на 25% – до 4,3 млрд долл. [3].

Кратко о развитии индустрии кремниевых заводов

В течение многих лет кремниевые заводы предоставляли услуги контрактного производства в таких секторах, как аналоговые приборы, КМОП-формирователи сигналов изображения, приборы на составных (сложных) полупроводниковых материалах, логические приборы, MEMS и радиоприборы. Для каждого из этих секторов кремниевые заводы разрабатывают специализированные технологические процессы. Крупнейшие поставщики, такие как GlobalFoundries, Samsung Foundry, SMIC, TSMC и UMC, действуют во многих технологических сегментах. Большинство же кремниевых заводов специализируется в одной или нескольких областях.

Долгое время IDM по технологическому уровню превосходили кремниевые заводы. Так, в 2001 году действовало

18 IDM, заводы по обработке пластин которых использовали передовые на тот момент 130-нм технологии. В то же время несколько кремниевых заводов производили ИС для недавно возникших fabless-фирм по более зрелым процессам.

К 2010 году стоимость производственных мощностей, разработки новых технологических процессов и проектирования ИС увеличилась настолько, что многие IDM оказались не в состоянии позволить себе такие расходы. Многие из них или перешли на fab-lite* модель, или превратились в fabless-фирмы, некоторые покинули бизнес в области полупроводниковых приборов.

Следующим крупным рубежом стало освоение 20-нм технологического уровня, когда традиционные

* Fablite (fab-lite) – так называемая стратегия «легких активов», использовавшаяся IDM в двух вариантах.

1. На уровне топологий до 90–65 нм предусматривала продолжение производства на собственных мощностях только новейших ИС (с высокой добавленной стоимостью) по наиболее передовым процессам; производство ИС со средним и меньшим уровнем добавленной стоимости передавалось кремниевым заводам. При переходе на топологии 45 нм и менее работать продолжали только наиболее передовые и рентабельные линии, линии под топологии 45 нм и менее не строились. Это промежуточный этап при переходе от IDM к fabless-фирме (пример – ADI).

2. При переходе на топологии 45–32 нм и менее оставлялись только новейшие опытно-экспериментальные мощности для отработки перспективных технологий (FD SOI например), а серийное производство отдавалось кремниевым заводам (пример – STMicroelectronics).

Таблица 1. Капиталовложения TSMC в 2020–2024 годах

Период	Объем капиталовложений, предназначение
2020 год	17,2 млрд долл., расширение и модернизация мощностей, НИОКР
2021 год	От 25 до 28 млрд долл., расширение, создание и модернизация мощностей (включая начало строительства завода в Аризоне), закупка оборудования, НИОКР
2022 год	От 40 до 44 млрд долл., создание новых мощностей, модернизация существующих
2021–2024 годы	100 млрд долл., строительство новых мощностей (включая завод в Аризоне за 12 млрд долл.), закупка оборудования, обучение персонала, НИОКР

планарные транзисторы перестали отвечать ужесточающимся требованиям разработчиков и производителей конечных электронных систем. Поэтому Intel в 2011 году на уровне 22-нм процесса представила новую транзисторную архитектуру – FinFET. Кремниевые заводы представили FinFET-технологию с 16/14-нм проектными нормами три года спустя. FinFET обеспечивают лучшую производительность и меньший статический ток утечки, чем планарные транзисторы. Но FinFET также труднее производить и масштабировать на каждом новом технологическом уровне (с меньшими проектными нормами). Соответственно, резко возросли затраты на НИОКР в области технологических процессов, а цикл перехода на новый технологический уровень увеличился с 18 до 30 месяцев и более.

С появлением FinFET корпорация Intel расширила свое лидерство на рынке микропроцессоров и технологических процессов. Стремясь использовать эту технологию на новых рынках, Intel в 2010/2011 годах вышла на рынок услуг кремниевых заводов и добилась некоторого успеха. В то время она производила на основе своего 22-нм FinFET-процесса FPGA различных производителей. Позже Intel выпустила 14-нм ПЛИС Altera (в 2015 году Intel поглотила фирму Altera). Доля Intel на рынке услуг кремниевых заводов была крошечной, но корпорация представляла реальную угрозу из-за своего технологического лидерства. Это изменилось в 2016 году, когда Intel впервые представила свой 10-нм FinFET-процесс. Корпорация столкнулась с задержками при его освоении и отгрузила первые ИС только в 2019 году – более чем на два года позже, чем ожидалось. При этом в 2018 году TSMC представила первый в мире 7-нм FinFET-процесс, за ней последовала корпорация Samsung (10-нм Intel эквивалентен 7-нм процессам кремниевых заводов). То есть эти кремниевые заводы стали предоставлять 7-нм, а теперь и 5-нм ИС конкурентам Intel. Таким образом, конкуренты Intel внезапно получили преимущество в области технологических процессов.

2018 год стал поворотным годом и по другим причинам. Затраты на производство ИС продолжали расти, но отдача от масштабирования снижалась. Из-за этого GlobalFoundries и UMC прекратили свои разработки процессов с проектными нормами 7-нм и менее, ограничившись технологическим уровнем 16/14 нм и выше. Примерно в это же время корпорация Intel вышла из бизнеса кремниевых заводов. Причина неудачи – недостаточная ориентация на обслуживание клиентов [1].

СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ КРЕМНИЕВЫХ ЗАВОДОВ TSMC: наращивание мощностей, расширение сфер деятельности и опасения относительно КНР

Весной 2021 года TSMC заявил о намерении в течение следующих трех лет затратить на НИОКР и расширение производственных мощностей около 100 млрд долл. (табл. 1). По данным новостного агентства Bloomberg, заводы по обработке пластин TSMC с апреля 2020 года работают с более чем 100%-ной загрузкой производственных мощностей, но спрос на полупроводниковые приборы (включая ИС) по-прежнему превышает предложение [4]. В ноябре было заявлено, что капиталовложения 2021 года составят от 25 до 28 млрд долл. (2020 г. – 17,2 млрд долл.). Также в ноябре TSMC заявила о размещении двух выпусков корпоративных облигаций с целью

ООО СМП

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Катушки индуктивности на токи до 10 А
- U.FL разъемы и pigtail со SMA

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32, e-mail: sale@smd.ru
Тел: (499) 158-7396, (499) 943-6244, (499) 943-8780

привлечения 9 млрд долл. на расширение производственных мощностей и природоохранные меры. Инвестиции 2021 года также предполагают создание в Аризоне завода по обработке 300-мм пластин и выпуску 5-нм ИС – уже приобретено 445,15 га земли недалеко от г. Финикс [5]. Наконец предполагается, что с 2022 года TSMC не будет снижать цены на обработанные пластины (со сформированными кристаллами ИС) в течение всего года [4]. Отмечается, что TSMC все более вовлекается в центр геополитической борьбы за обеспечение поставок ИС для всего диапазона электроники – от автомобильной электроники до смартфонов. Власти Запада, включая США и ФРГ, недавно призвали Тайвань помочь с решением проблемы дефицита ИС [5].

Таким образом, развитие TSMC и тайваньской микроэлектроники в целом вмешивается геополитика. В 2021 году особо активно стали муссироваться слухи о захвате «Поднебесной» Тайваня – в случае провозглашения независимости (ориентировочной датой называется 2025 год) [7]. По мнению IC Insights, серьезные торговые санкции, особенно в области технологий микроэлектроники, которые США ввели в отношении Huawei, крупнейшей китайской электронной компании, и в отношении SMIC, крупнейшего китайского кремниевого завода, заставили «Поднебесную» задуматься о сохранении конкурентоспособности в сфере микроэлектроники и электроники. Становится все более очевидным, что ответ Китая на этот вопрос сосредоточен на воссоединении с ним Тайваня [8]. КНР со своей стороны подтверждает, что считает остров своей неотъемлемой провинцией и готова применить силу. Следует учитывать:

- крупнейший в мире кремниевый завод, тайваньская корпорация TSMC, сейчас обладает наибольшей долей мощностей (63%) по изготовлению ИС с наиболее перспективными проектными нормами – менее 10 нм (единственной корпорацией, составляющей ей конкуренцию в данной области, является южнокорейская Samsung – 37%);
- на острове расположено 22% мировых мощностей по обработке 300-мм пластин (большинство принадлежит TSMC) – по этому показателю Тайвань уступает только Южной Корее, доля которой составляет 25% (США – 11%);
- около 80% всех мощностей по производству ИС на Тайване представлено кремниевыми заводами, а, по оценкам, тайваньские «чистые» кремниевые заводы (TSMC, UMC, Powerchip, Vanguard и т. д.) в 2021 году должны были обеспечить (данные пока не появились) почти 80% общих доходов мировой индустрии «чистых» кремниевых заводов.

Последнее очень важно на фоне тенденции превращения кремниевых заводов в основную производственную базу мировой микроэлектроники, а соответственно,

и главный источник ИС для отраслей радиоэлектронного комплекса (и других отраслей). Установление контроля КНР над Тайванем – один из худших кошмаров Вашингтона. Поэтому еще год назад США принуждали TSMC согласиться на создание двух заводов по обработке 300-мм пластин в Аризоне, а сейчас, при обострении и китайско-тайваньских отношений, TSMC уже сама говорит о шести заводах/технологических линиях и переезде семей тайваньских специалистов. Этот момент также очень важен – речь идет об организации заблаговременной эвакуации наиболее ценных кадров с острова. По всей видимости, бегство из Афганистана и его последствия начинают учитываться.

Последнее утверждение подкрепляется тем фактом, что власти г. Финикс и представители штата Аризона (при поддержке федерального правительства) заключили в августе 2021 года сделку с Управлением содействия промышленному сотрудничеству между Тайванем и США (поддерживается Министерством экономики Тайваня) с целью сделать этот штат более привлекательным для микроэлектроники Тайваня на фоне первоначальных (2020 года) планов TSMC построить в Финиксе завод по обработке 300-мм пластин и выпуску 5-нм ИС стоимостью 12 млрд долл.

В районе Финикса уже находятся крупные заводы по производству ИС корпораций Intel, NXP Semiconductors и ON Semiconductor. Цель американцев – разместить как можно больше поставщиков TSMC и других связанных с ними компаний в этом районе. Около 40 фирм уже оценивают Аризону как место возможных инвестиций. Власти Финикса работают со школами и местными органами власти с целью облегчения процесса переселения семей тайваньских специалистов, переезжающих в этот район [6].

США не единственное место за пределами Тайваня, где TSMC планирует разворачивать новые производственные мощности. В сентябре 2021 года TSMC и корпорация Sony Semiconductor Solutions договорились создать дочернюю корпорацию Japan Advanced Semiconductor Manufacturing (JASM) в г. Кумамото (Япония). Новая фирма начнет оказывать услуги кремниевого завода с конца 2024 года. Цель – удовлетворить высокий спрос на специализированные 28-нм и 22-нм технологии. Общий объем инвестиций оценивается в 7 млрд долл., месячная мощность обработки – 45 тыс. пластин диаметром 300 мм, численность занятых – 1,5 тыс. человек. Японское правительство предоставило субсидии на реализацию проекта, но их величина не разглашается. Инвестиции Sony оцениваются в 0,5 млрд долл. или менее 20% акционерного капитала JASM. Инвестиции TSMC уже поступили в Японию, они не включены в 100 млрд долл., которые TSMC планирует потратить на расширение своих мощностей в ближайшие три года [7].



С 23 февраля!

С Днём Защитника Отечества!

От всей души поздравляем и желаем вам и вашим семьям крепкого здоровья, счастья, любви!



ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ГЕНЕРАЦИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



КОНТРОЛЬ
ФОТОШАБЛОНОВ



РЕМОНТ
ФОТОШАБЛОНОВ



ФОТОЛИТОГРАФИЯ



КОНТРОЛЬ
ПЛАСТИН



СБОРКА ИЗДЕЛИЙ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0,35, 0,6 μm
- Высокая точность совмещения
- $\varnothing 200, 150, 100$ мм



ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 нм
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластина – шаблон



КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 нм
- Твердотельный лазер
- Контроль методом D2DB, D2D
- Высокая производительность
- Контроль неплоскостности



РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный лазер
- 0,15/ 0,3/ 0,5 μm min элемент
- Размер шаблона до 9"x9"
- Ремонт копированием
- Ремонт через пелликл
- Прозрачные / непрозрачные дефекты

КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



СТЕППЕРЫ

- Проектная норма 0,35, 0,8 μm
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 200, 150, 100$ мм
- Твердотельный источник света

КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микроразмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Контроль толщин
- Контроль рассовмещения



ЗОНДОВЫЙ КОНТРОЛЬ

- $\varnothing 200, 150, 100$ мм
- ± 4 мкм погрешность контактирования
- Ручное / полуавтоматическое / автоматическое оборудование



РАЗДЕЛЕНИЕ ПЛАСТИН И ПОДЛОЖЕК

- $\varnothing 300, 200, 150, 100$ мм
- 2 независимые зоны разделения в одной установке
- 2,4 кВт мощность электрошпинделя
- Полуавтоматическое / автоматическое оборудование



Создаем традиции будущего!

- Единое таможенное пространство
- 59 лет опыта в разработке и производстве прецизионного оптико-механического и сборочного оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства, высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования, адаптированного для Российского рынка, программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GenlSys (Германия)

Республика Беларусь
220033, г. Минск
Партизанский пр-т, 2

тел: (+375 17) 226 09 82
(+375 17) 223 22 26
факс: (+375 17) 226 12 05

office@kbtem-omo.by
kbtem.omo@gmail.com
www.planar.by



Таблица 2. Ближайшие планы развития GlobalFoundries

Мероприятие	Объем инвестиций / ожидаемый доход, примечания
Развитие Fab8 (Малта, штат Нью-Йорк)	1 млрд долл., увеличение мощности по обработке 300-мм пластин на 150 тыс. шт. в год
Создание новой линии на заводе в Сингапуре	Около 1,5 млрд долл., обработка 300-мм пластин, линии сборки / корпусирования и тестирования
Расширение производственного комплекса в ФРГ (достался от AMD)	1 млрд долл., модернизация и расширение существующих мощностей
Первоначальное публичное предложение акций (IPO)	Предложение 55 млн обыкновенных акций. Ожидаемая стоимость IPO – 20,0 млрд долл.

GlobalFoundries – дальнейшее развитие и долгожданный выход на IPO

Как известно, в 2008 году в результате серии сделок на общую сумму около 1 млрд долл., ATIC, дочерняя компания Mubadala Investment (фонд национального благосостояния, государственный инвестиционный фонд эмирата Абу-Даби), создала корпорацию GlobalFoundries, приобретя производственные мощности американской корпорации AMD (последняя стала fabless-фирмой, то есть «чистым» проектировщиком ИС). В 2009 году ATIC купила сингапурский кремниевый завод Chartered за 1,8 млрд долл. и объединила его с GlobalFoundries. В 2014 году GlobalFoundries приобрела полупроводниковый бизнес IBM.

В настоящее время GlobalFoundries является вторым по объему продаж (после TSMC) «чистым» кремниевым заводом. На нем работает более 15 тыс. сотрудников по всему миру, из них 7 тыс. человек по всей территории США и почти 3 тыс. человек в ее производственном комплексе, центре НИОКР и штаб-квартире в г. Малта. За последнее десятилетие корпорация инвестировала в свой завод Fab 8 более 15 млрд долл. с целью поддержки инновационного процесса и увеличения производственных мощностей. GlobalFoundries является аккредитованным поставщиком современных полупроводниковых приборов для правительственных ведомств США, включая министерство обороны. Отмечается, что поставки полупроводниковых приборов GlobalFoundries осуществляются в соответствии с Правилами международной торговли оружием (ITAR*) США. Кроме того, корпорация в рамках своей программы GF Shield следует самым высоким отраслевым, потребительским и государственным критериям безопасного производства по всему миру.

* ITAR (International Traffic in Arms Regulations) – Правила международной торговли оружием, свод нормативных актов, разработанный госдепартаментом США в целях контроля за экспортом товаров и технологий, связанных с обороной и безопасностью.

Во второй половине июля корпорация GlobalFoundries объявила о планах расширения своего самого современного производственного комплекса в г. Малта (штат Нью-Йорк). Эти планы подразумевают немедленные инвестиции в расширение мощностей Fab 8 для решения проблемы глобального дефицита ИС, а также строительство нового завода в том же комплексе, что удвоит его производственную мощность.

Немедленные инвестиции в размере 1 млрд долл. позволят увеличить число обрабатываемых на Fab 8 пластин диаметром 300 мм на 150 тыс. в год. После этого планируется построить новый завод, благодаря чему прямая занятость увеличится более чем на одну тысячу высокотехнологичных рабочих мест, а косвенная занятость у смежников – еще на несколько тысяч (включая высокооплачиваемые строительные работы в регионе). Следуя успешно опробованной при создании Fab 8 инвестиционной модели, GlobalFoundries планирует финансировать сооружение нового объекта за счет частно-государственных партнерств, включая своих клиентов, федеральные и государственные инвестиции. Новый завод будет выпускать многофункциональные ИС с повышенным уровнем защиты для таких быстро растущих сегментов рынка, как автомобильная электроника, 5G-сети / средства связи и Интернет вещей. На новом заводе также будут поддерживаться требования безопасности цепочки поставок – в том числе с точки зрения национальной безопасности США.

Эти инвестиции в расширение производственной базы GlobalFoundries в США являются частью более широких планов (табл. 2). Помимо развития производственного комплекса на Малте предусмотрено строительство новой линии на заводе по обработке пластин в Сингапуре и инвестиции в размере 1 млрд долл. для расширения производственного комплекса в Германии.

Как известно, в январе 2021 года в США вступил в силу «Закон о создании полезных инициатив по стимулированию разработки и производства полупроводниковых

приборов в Америке» (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act, CHIPS for America Act). Этот закон, а также ряд других предусматривают выделение 52 млрд долл. на расширение производственной базы микроэлектроники на территории США, а также на проведение перспективных НИОКР в области полупроводниковых приборов. Руководство GlobalFoundries надеется на предусмотренные законодательно субсидии – как для расширения мощностей Fab 8, так и для строительства нового завода [9].

Также GlobalFoundries расширяет сотрудничество с Пентагоном. В феврале 2021 года было сформировано стратегическое партнерство с МО США. Цель – обеспечить поставки военным подрядчикам безопасных и надежных полупроводниковых решений, производимых на Fab 8. Эти ИС, реализованные на 45-нм технологической платформе «кремний-на-изоляторе» (КНИ/SOI), будут использоваться в некоторых наиболее чувствительных приложениях наземных, воздушных, морских и космических систем. Соглашение стало возможным благодаря использованию на Fab 8 классификационных номеров экспортного контроля в соответствии с Правилами управления экспортом (EAR) и ITAR. Первые ИС по этому соглашению планируется начать поставлять в 2023 году, для чего уже оформлена «Доверенная аккредитация» МО США для Fab 8 [10].

В декабре 2021 года GlobalFoundries объявила об увеличении поставок ИС по заказам корпорации AMD (бывший партнер – сооснователь GlobalFoundries как совместного предприятия, позднее вышедший из СП) в соответствии с «Соглашением о поставках (обработанных) пластин» (WSA) и продлении условий соглашения до 2025 года. Соглашение также расширяет рамки партнерства – к производимым для AMD ИС теперь относятся микросхемы для центров обработки данных (ЦОД), персональных компьютеров, встраиваемых приборов / систем и других быстро развивающихся рынков.

GlobalFoundries изготавливает высокопроизводительные ИС для AMD уже более 12 лет, и обновленное соглашение позволит AMD приобрести в период 2022–2025 годов у GF обработанных пластин (со сформированными кристаллами ИС) примерно на 2,1 млрд долл. Спрос на ИС быстро растет и GlobalFoundries реагирует на это посредством ряда стратегических долгосрочных соглашений с существующими и новыми заказчиками, а также одновременным расширением производственных мощностей для удовлетворения спроса [11].

Наконец, в октябре 2021 года корпорация GlobalFoundries приступила к первичному публичному размещению (IPO) 55 млн своих обыкновенных акций. Корпорация преобразуется в открытое акционерное общество. Сама GlobalFoundries предлагает 33 млн акций, а Mubadala Investment – 22 млн акций. По оценкам, начальная

цена IPO составит от 42 до 47 долл. за акцию. Mubadala рассчитывает предоставить гарантам размещения акций 30-дневный опцион на покупку до 8,25 млн дополнительных обыкновенных акций по цене IPO за вычетом скидок и комиссий за гарантирование размещения (андеррайтинг).

Подготовка к IPO уже проводилась несколько лет назад при расширении производственных мощностей в штате Нью-Йорк, доставшихся от AMD. Но тогда GlobalFoundries сумела обойтись собственными средствами. Подготовка к текущему IPO началась год назад и его проведение связывалось с достижением определенных финансовых результатов [12].

Ранее информационное агентство Bloomberg оценивало ожидаемую стоимость IPO в 20 млрд долл. Отмечается, что более раннее осуществление IPO (первоначально оно планировалось на 2022 год) произошло из-за наблюдаемого дефицита ИС (продажи которых в 2021 году могут вырасти на 13% за счет повышения цен), обширной программы государственной поддержки полупроводниковой промышленности в США и высоких цен на акции [13].

Во второй части статьи будет рассмотрено развитие SMIC, крупнейшей в материковом Китае компании по производству полупроводников, Samsung Foundry и ее значение для реализации программы «Корейский полупроводниковый пояс». Также будут изложены планы использования Intel бизнес-модели кремниевого завода в рамках осуществления корпоративной «Стратегии IDM 2.0».

ЛИТЕРАТУРА

1. Foundry Market Tracking Toward Record-tying 23% Growth in 2021 // IC Insights, Research Bulletin, September 22, 2021. <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Foundry-Market-Tracking-Toward-Recordtying-23-Growth-In-2021/>
2. LaPedus M. Foundry Wars Begin // Semiconductor Engineering. April 19th. 2021. <https://semiengineering.com/foundry-wars-begin/>

ООО "Руднев-Шиляев"

Разработка и производство:

- платы сбора данных
- измерительные приборы
- виброакустические системы
- инструментальные решения задач заказчика

Москва (495) 787-63-67
(495) 787-63-68

www.rudshel.ru
adc@rudshel.ru

3. Semi Capex on Pace for 34% Growth in 2021 to Record \$152.0 Billion // IC Insights, Research Bulletins, December 14, 2021.
<https://www.icinsights.com/news/bulletins/Semi-Capex-On-Pace-For-34-Growth-In-2021-To-Record-1520-Billion/>
4. **Manners D.** TSMC to spend \$100bn in three years. Electronics Weekly, 1st April 2021.
<https://www.electronicweekly.com/news/business/tsmc-spend-100bn-three-years-2021-04/>
5. **Patterson A.** TSMC to Raise \$9 Billion for Expansion Amid Shortages // EE Times, 02.11.2021.
<https://www.eetimes.com/tsmc-to-raise-9-billion-for-expansion-amid-shortage/>
6. Arizona group courts Taiwanese chip companies with new agreement following TSMC's investment in the state // South China Morning Post, 25 Aug, 2021.
<https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3146266/arizona-group-courts-taiwanese-chip-companies-new-agreement-following>
7. **Patterson A.** TSMC, Sony to Partner in \$7B Fab in Japan // EE Times, 11.09.2021.
<https://www.eetimes.com/tsmc-sony-to-partner-in-7b-fab-in-japan/#>
8. IC Industry at Heart of Possible China Takeover of Taiwan. IC Insights. Research Bulletin, October 13, 2021.
<https://www.icinsights.com/news/bulletins/IC-Industry-At-Heart-Of-Possible-China-Takeover-Of-Taiwan/>
9. GlobalFoundries Plans to Build New Fab in Upstate New York in Private-Public Partnership to Support U. S. Semiconductor Manufacturing // Semiconductor Digest. July 23. 2021.
<https://www.semiconductor-digest.com/globalfoundries-plans-to-build-new-fab-in-upstate-new-york-in-private-public-partnership-to-support-u-s-semiconductor-manufacturing/>
10. U. S. Department of Defense Partners with GLOBALFOUNDRIES to Manufacture Secure Chips at Fab 8 in Upstate New York // Semiconductor Digest. February 15. 2021.
<https://www.semiconductor-digest.com/u-s-department-of-defense-partners-with-globalfoundries-to-manufacture-secure-chips-at-fab-8-in-upstate-new-york/>
11. GlobalFoundries Announces Extension of AMD Wafer Supply Agreement to Guarantee Supply // Semiconductor Digest. December 28. 2021.
<https://www.semiconductor-digest.com/globalfoundries-announces-extension-of-amd-wafer-supply-agreement-to-guarantee-supply/>
12. GlobalFoundries Announces Launch of Initial Public Offering // Semiconductor Digest. October 19. 2021.
<https://www.semiconductor-digest.com/globalfoundries-announces-launch-of-initial-public-offering/>
13. **Manners D.** GloFo to IPO at a \$20bn valuation // Electronics Weekly. 9th April. 2021.
<https://www.electronicweekly.com/news/business/glofo-ipo-2bn-valuation-2021-04/>

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1600 руб.

ОСНОВЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ. СТАНДАРТЫ, КОНЦЕПЦИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ Белоус А. И., Солодуха В. А.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2021. – 482 с.,
ISBN 978-5-94836-612-8

Эта книга фактически представляет собой научно-практическую энциклопедию по современной кибербезопасности. Здесь анализируются предпосылки, история, методы и особенности киберпреступности, кибертерроризма, киберразведки и киберконтрразведки, этапы развития кибероружия, теория и практика его применения, технологическая платформа кибероружия (вирусы, программные и аппаратные трояны), методы защиты (антивирусные программы, проактивная антивирусная защита, кибериммунные операционные системы). Впервые в мировой научно-технической литературе приведены результаты системного авторского анализа всех известных уязвимостей в современных системах киберзащиты – в программном обеспечении, криптографических алгоритмах, криптографическом оборудовании, в микросхемах, мобильных телефонах, в бортовом электронном оборудовании автомобилей, самолетов и даже дронов.

Здесь также представлены основные концепции, национальные стандарты и методы обеспечения кибербезопасности критических инфраструктур США, Англии, Нидерландов, Канады, а также основные международные стандарты. Фактически в объеме одной книги содержатся материалы трех разных книг, ориентированных как на начинающих пользователей, специалистов среднего уровня, так и специалистов по кибербезопасности высокой компетенции, которые тоже найдут здесь для себя много полезной информации.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

СВЧ И ВЧ КОМПОНЕНТЫ

ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



- Усилители



- Смесители и умножители частот



- Частотные генераторы



- Электромеханические переключатели



- Волноводы и коаксиально-волноводные переходы

В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК ПРОДУКЦИЯ ВЕДУЩИХ КОМПАНИЙ - ЛИДЕРОВ В ОБЛАСТИ СВЧ И ВЧ КОМПОНЕНТОВ

Специалисты компании «ТЕСТПРИБОР» окажут помощь и поддержку:

- в выборе изготовителя и подборе аналогов;
- в составлении технического задания и изготовлении продукции по индивидуальным требованиям заказчика;
- в логистике;
- в проведении тестирования и испытаний.