

Контрактное производство ИС: ведущие мировые кремниевые заводы расширяют мощности

Часть 2

М. Макушин¹

УДК 621.37 | ВАК 05.27.06

В первой части статьи были рассмотрены основные проблемы развития рынка кремниевых заводов, его динамика и перспективы до 2025 года, а также состояние и стратегии TSMC и GlobalFoundries. Вторая часть статьи посвящена достижениям SMIC в условиях американских санкций, успехам Samsung Foundry и его значению для реализации программы «Корейский полупроводниковый пояс», а также использованию корпорацией Intel бизнес-модели кремниевого завода в рамках осуществления корпоративной «Стратегии IDM 2.0».

SMIC продолжает развиваться несмотря на американские санкции

«Холодная технологическая война» КНР и США продолжается, хотя информационная шумиха вокруг нее значительно ослабла. В 2020 году власти «Поднебесной» выделили 1,4 трлн долл. на 10 ближайших лет для формирования самодостаточной национальной экосистемы микроэлектроники. Одним из основных бенефициаров является SMIC – крупнейший кремниевый завод КНР и флагман китайской микроэлектроники [14].

В настоящее время на сайте SMIC указано шесть предприятий/технологических линий: три по обработке 200-мм пластин и три по обработке пластин диаметром 300 мм (табл. 3). Как видно из таблицы, **SMIC наращивает производство и осваивает более современные технологии, несмотря на американские санкции – объем обработки пластин по пекинскому комплексу увеличился в 1,57 раза, по тяньцзиньскому – почти в три раза, а по самой современной шанхайской FinFET-линии – почти в шесть раз!**

То, что капиталовложения SMIC должны сократиться по итогам 2021 года на 25% (до 4,3 млрд долл.) [3] связано не только с санкциями. Дело в том, что основные капиталовложения не только SMIC, но и большинства других китайских микроэлектронных фирм, в соответствии с планом «Сделано в Китае 2025» (中国制造2025), осуществлялись в период 2019–2020 годов, а сейчас идет ввод в строй новых мощностей, что требует меньших средств. Санкции, конечно, доставляют серьезные неудобства,

но на развитую и во многом самодостаточную экосистему китайской микроэлектроники они не оказали ожидаемого воздействия.

Заводы по обработке 200-мм пластин используются SMIC для изготовления ИС по зрелым логическим процессам, а также специализированным технологиям с различными проектными нормами. По специализированным технологиям изготавливаются цифро-аналоговые ИС и радиоприборы, MEMS, ИС управления режимом электропитания и энергонезависимые ИСЗУ. Все эти технологии пользуются большим спросом, и, как ожидается, в ближайшие годы спрос на мощности по обработке 200-мм пластин вырастет.

Сектор обработки пластин диаметром 300 мм также демонстрирует высокие темпы развития. Основной упор делается на технологии с проектными нормами от 40 до 14 нм, но не менее существенное внимание уделяется и масштабированию до уровней меньше 14 нм. В прошлом году представители SMIC утверждали, что могут пропустить 12-нм процесс и сразу перейти к 7-нм процессу. Характеристики уже разработанной улучшенной версии 14-нм FinFET-процесса SMIC (N+1) с точки зрения потребляемой мощности и стабильности сравним с 7-нм ИС, выпущенными на рынок в конце 2019 года – начале 2020 года корпорациями Samsung и TSMC. Но дальнейшее масштабирование затруднено – купленная SMIC в 2019 году у фирмы ASML установка EUV-литографии (ASML – монопольный производитель этого оборудования) до сих пор не поставлена (и вряд ли будет поставлена) из-за противодействия США [15]. Соответственно, при масштабировании ИС китайской фирме придется пользоваться установками DUV-литографии, что приведет к удорожанию

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

Таблица 3. Заводы/технологические линии по обработке пластин в 2020–2021 годах. Источник: сайт SMIC

Завод	Диаметр пластин, мм	Технологический процесс, нм		Мощность, тыс. пластин в месяц	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Fab 2 P1, Пекин	300	55–180	55–180	52,0	60,0
Fab 2 P2, Пекин	300	28–40	24–65	50,0	100,0
Fab 1, Шанхай	200	90–350	90–350	115,0	135,0
Fab 8, Шанхай	300	До 28/14 нм и менее	FinFET	6,0	35,0
Fab 5 (в 2021 г. – SZ), Шеньчжень	200	90–350	150–350	55,0	70,0
Fab 7 P1, Тяньцзинь	200	90–350	90–350	63,0	180,0

Примечание: По шанхайскому заводу обработки 300-мм пластин в 2020 году указывались две линии, P1/SN1, мощностью по 2,0 тыс. (до 28 нм) и 4,0 тыс. (14 нм и менее) пластин соответственно. В 2021 году – одна линия – SN, использующая FinFET-процесс (обычно это 14 нм и менее).

проектирования/производства и может ограничить масштабирование пределами в 10/7 нм.

Тем не менее, разработанный SMIC 14-нм процесс является существенным прорывом. По данным Total Telescom, КНР неуклонно движется к достижению своей цели – освоению массового производства 14-нм ИС собственной (SMIC) разработки в 2022 году. **Разработка 14-нм ИС позволила преодолеть многие технические проблемы, охватить всю систему промышленных цепочек поставок ИС. По сути произошло изменение всей национальной экосистемы, что потребовало внедрения полного набора технологических процессов обработки пластин, формирования кристаллов ИС, их сборки, корпусирования и тестирования.**

Быстрое развитие производства 14-нм ИС в КНР означает успех стратегии использования уже созданных технологических подразделений, что позволяет сосредоточиться на оптимизации проектирования и корпусирования.

Возможность производить 14-нм ИС является для КНР прорывом, так как этот и близкие ему технологические уровни позволяют удовлетворить до 70% потребностей в современных процессах изготовления ИС искусственного интеллекта, высокопроизводительных процессоров и автомобильных ИС [16].

Samsung – дальнейшее развитие и значение в формировании «Корейского полупроводникового пояса»

Samsung Foundry, автономное подразделение корпорации Samsung, использующее модель кремниевого завода, к настоящему времени обладает пятью предприятиями по обработке 300-мм пластин, одним предприятием по обработке 200-мм пластин и двумя предприятиями по сборке, корпусированию и тестированию ИС (табл. 4).

Отмечается, что при осуществлении операций корпусирования Samsung Foundry, как и TSMC, активно использует перспективные методики 2,5D- и 3D-корпусирования с применением интерпозеров, чиплетов и т. п. [17].

Что касается дальнейшего расширения производственных мощностей, то в октябре 2021 года Samsung Foundry подтвердила февральское сообщение о намерении построить в Остине (штат Техас) к концу 2023 года новый завод по обработке пластин стоимостью 17 млрд долл. Помимо этого, было сообщено, что Samsung Foundry и корпорация Samsung в целом осваивают 3-нм и 2-нм ИС на транзисторах с круговым затвором (Gate-All-Around, GAA). В первой половине 2022 года начнется выпуск первого поколения 3-нм ИС (3GAE), а начало производства 3-нм второго поколения (3GAP) ожидается в 2023 году. На каком или каких предприятиях это будет осуществляться, пока не сообщается. Кроме того, на ранних стадиях разработки находится создание технологии 2-нм ИС (2GAP), массовое производство которых запланировано на 2025 год.

Специалисты корпорации указывают, что первый 3-нм GAA процесс на MBCFET-транзисторах обеспечит уменьшение площади кристалла на 35% при повышении производительности на 30% или снижении потребляемой мощности на 50% (по сравнению с 5-нм процессом). MBCFET (Multi Bridge Channel FET) – это полевой транзистор с множественными мостиками канала, транзистор, у которого канал разделяется на несколько расположенных друг над другом каналов в виде нанолитов, окруженных со всех сторон затвором. То есть технология предполагает горизонтальное расположение каналов в виде нанолитов друг над другом, а не вертикальные гребни, как в FinFET. Характеристики MBCFET-транзистора управляются как за счет варьирования числа нанолитов, так и с помощью изменения их ширины. Этим определяется тип транзистора:

с высокой производительностью (быстродействием) или с меньшей производительностью и малой потребляемой мощностью. Но, в отличие от прежних типов транзисторов, число типов (градаций уровней производительности/быстродействия) транзистора увеличивается с двух до пяти-семи. Технология MBCFET разрабатывалась совместно исследователями корпораций IBM, Samsung и GlobalFoundries для 5-нм технологического процесса, но реально первый раз появится только в 3-нм кристаллах ИС Samsung [18].

Также интересно отметить, что Samsung и Samsung Foundry будут играть значительную роль в проекте создания к 2030 году под эгидой правительства Республики Корея «Корейского полупроводникового пояса» (K-Semiconductor Belt) с общим бюджетом в 450 млрд долл. (включая как государственные субсидии, так и вложения фирм-участниц). Проект предусматривает создание в Южной Корее крупнейшей в мире цепочки поставок полупроводниковых приборов. При этом предлагаемые средства будут расходоваться не только на расширение производственных мощностей, но и на НИОКР. Правительство также намерено ввести две меры стимулирования – налоговые льготы в размере до 50% от ассигнований на корпоративные НИОКР и до 20% на инвестиции в производственные мощности (здания, сооружения, оборудование).

Из заявленного бюджета около 151 млрд долл. придется на Samsung – точнее на развитие производства передовых логических приборов с целью повышения конкурентоспособности по отношению к TSMC, а также на создание нового предприятия Samsung Foundry в Техасе (17 млрд долл.). При этом доли государственных средств и средств Samsung / Samsung Foundries в указанных 151 млрд долл. пока не известны [19].

INTEL: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ КРЕМНИЕВОГО ЗАВОДА КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ СТРАТЕГИИ IDM 2.0

Возвращение корпорации Intel в индустрию кремниевых заводов формально началось в апреле 2021 года, когда она объявила о начале реализации концепции IDM 2.0, состоящей из трех основных элементов.

Первый элемент – обеспечение возможности оптимизации продукции, повышения экономической эффективности и устойчивости поставок. Он поддерживается собственной сетью предприятий в разных странах, осуществляющих поточно-массовое производство ИС. Корпорация по-прежнему намерена производить большую часть продукции на собственных производственных мощностях. Отмечается, что разработка собственного 7-нм технологического процесса идет успешно. В данном процессе будет использоваться EUV-литография. Также Intel намерена упрочить позиции в области перспективных методик корпусирования, позволяющих выпускать 2,5D и 3D ИС с различными сочетаниями СФ-блоков и чиплетов [20, 21].

Второй элемент – расширение взаимодействия и использование услуг внешних кремниевых заводов. Сейчас некоторые кремниевые заводы, включая TSMC и Samsung, производят для Intel ряд типов изделий – от ИС для средств связи и обеспечения связности до графики и чипсетов. Взаимодействие Intel с независимыми кремниевыми заводами будет расширяться. Предполагается, что оно будет охватывать ряд модульных конструкций на основе перспективных технологических процессов. В частности, это приборы на основе вычислительных приложений Intel как для клиентских сегментов, так и для сегментов центров обработки данных (ЦОД). Это обеспечит увеличение гибкости и возможностей масштабирования, необходимых для оптимизации маршрутных карт Intel с точки

Таблица 4. Производственные мощности Samsung Foundry. *Источник: Samsung Foundry*

Завод/производственная линия	Технологический процесс, нм	Диаметр обрабатываемых пластин, мм
S1-Line, Гихын, Южная Корея	8-65	300
S2-Line, Остин, штат Техас, США	14-65	300
S3-Line, Хвасон, Южная Корея	10 и менее	300
S4-Line, Хвасон, Южная Корея	10 и менее	300
EUV-Line, Хвасон, Южная Корея	7 и менее	300
??? (откроется в 2023 году), Остин, штат Техас, США	2-3	300
6 Line, Гихын, Южная Корея	70-180	200
SESS, Сучжоу, КНР	Сборка и корпусирование ИС, включая перспективные методы корпусирования (2,5D, 3D, интерпозеры...)	
TP Center, Оньян, Южная Корея		

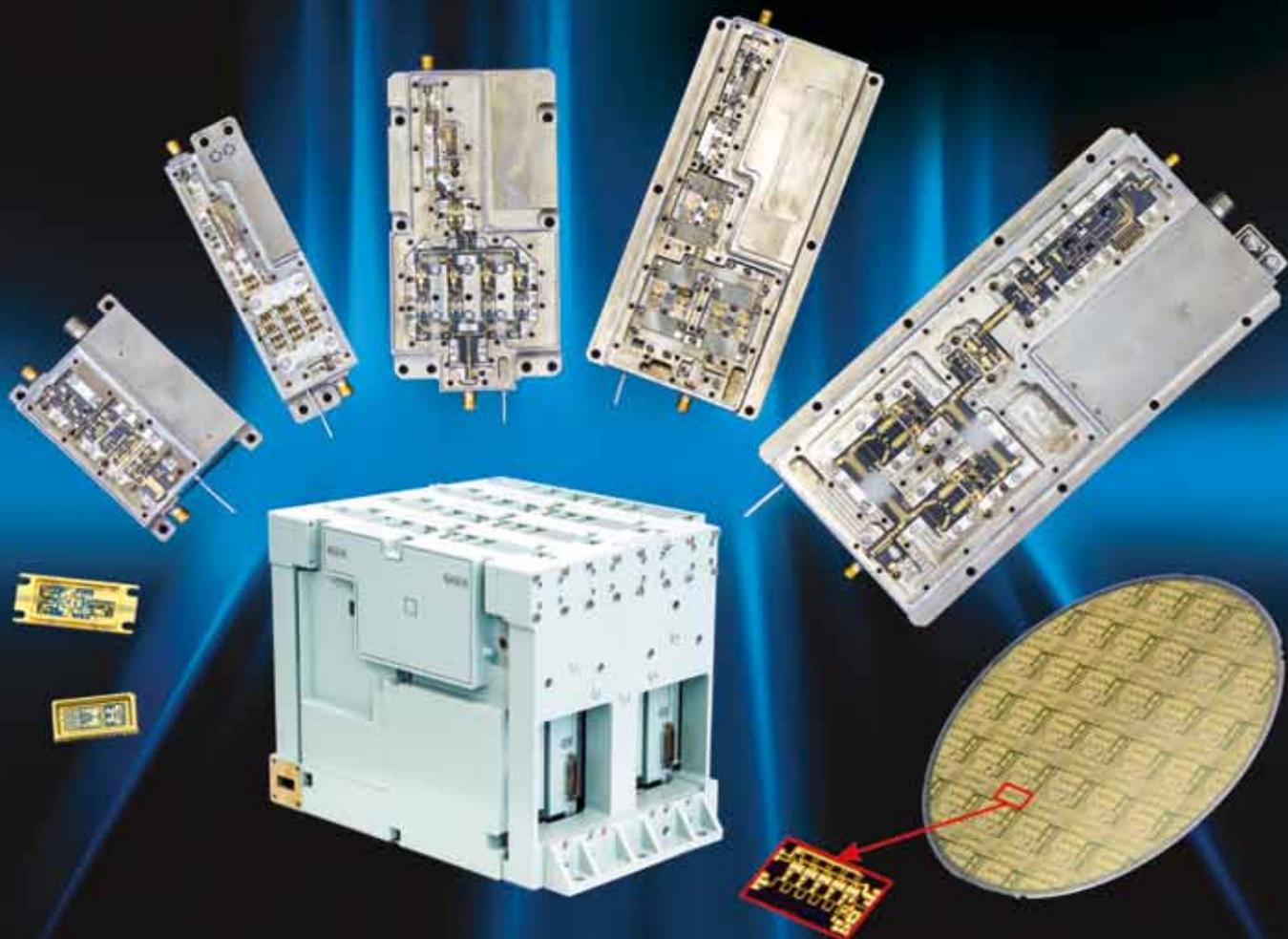


ИНТЕЛЛЕКТ. КАЧЕСТВО.

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»
Москва, Щелковское шоссе, д.5, стр.1
Тел. (499) 644-21-03, (499) 644-25-62
(многоканальный)
Факс +7(499) 644-19-70
E-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО
- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ МОНОЛИТНЫХ И ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА (0,3 - 22 ГГц)

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»



зрения затрат, производительности, сроков вывода новой продукции на рынок и т. п.

Третьим элементом стратегии IDM 2.0 корпорации Intel является создание современного бизнеса по оказанию услуг кремниевого завода – Intel Foundry Services (IFS). Корпорация планирует стать одним из крупнейших центров оказания услуг кремниевого завода для США и Европы с целью удовлетворения постоянно растущего спроса на полупроводниковые приборы. Конкурентных преимуществ планируется достичь за счет сочетания в рамках IFS передовых технологических процессов формирования кристаллов ИС и перспективных методик их сборки/корпусирования/тестирования (включая 2,5D-/3D-корпусирование). В распоряжение IFS передается широкий портфель СФ-блоков (включая ядра ARM, RIS-V и x86 процессоров) [21].

При подготовке своей новой стратегии Intel столкнулась с вопросом о взаимодействии с конкурентами. Действительно, кто будет полагаться на конкурента (Intel) при производстве собственных новейших ИС? Поэтому Intel предприняла ряд шагов, чтобы избежать этой проблемы. Во-первых, она получила одобрение своей идеи у основных потенциальных клиентов (Amazon, Cisco, Ericsson, Google, IBM, Microsoft и Qualcomm). Поддержал стратегию Intel и Межуниверситетский центр микроэлектроники (IMEC, Левен, Бельгия). Во-вторых, она формирует IFS как отдельную, автономную вертикально-организованную структуру с собственной отчетностью за прибыли и убытки [20].

Для ускорения реализации стратегии IDM 2.0 в части foundry-модели предусмотрено сооружение четырех новых заводов по обработке 300-мм пластин. Два из них разместятся в кампусе Окотильо вблизи г. Чэндлер, штат Аризона – в этом комплексе с 2020 года уже действует завод по обработке пластин с использованием 10-нм процесса – Fab42. Строительство этих заводов началось в сентябре 2021 года [22], общий бюджет их сооружения составляет 20 млрд долл., численность высококвалифицированного персонала этих предприятий составит 3 тыс. человек. Данные два завода позволят создать еще 15 тыс. долгосрочных рабочих мест на смежных производствах, в сфере обслуживания и т. п. [20, 21].

Еще два новых кремниевых завода за 20 млрд долл. Intel планирует создать в бизнес-парке г. Колумбус (штат Огайо). На строительстве будут заняты 7 тыс. чел., численность персонала новых заводов – 3 тыс. чел. Начало строительства – в конце 2022 года, пуск в строй – 2025 году. Сроки строительства зависят от принятия «Закона об инновациях и конкуренции» (U. S. Innovation and Competition Act, USICA), предусматривающего выделение федеральных средств на НИОКР и производство ИС. Intel активно ищет часть необходимых (из 20 млрд долл.) средств.

Проект поддерживают Air Products, Applied Materials, LAM Research и Ultra Clean Technology. Масштабы и темпы расширения Intel в Огайо будут зависеть от финансирования в соответствии с законом CHIPS for America Act. Отмечается, что в бизнес-парке г. Колумбус уже есть центры обработки данных (ЦОД) корпораций Google, Amazon и Facebook. Заводы в Огайо спроектированы под самые передовые техпроцессы Intel, включая Intel 18Å (ориентированы на ИС для высокопроизводительных мобильных устройств, средств ИИ и т. п.).

На формирование партнерств с образовательными учреждениями Огайо (подготовка кадров) выделено 100 млн долл.

Всего на расширение производственных мощностей, в том числе и IFS, Intel намерена затратить в ближайшие 10 лет 100 млрд долл. [23, 24].

При сооружении и оснащении новых производств Intel рассчитывает на федеральную поддержку. Сейчас в Палате представителей Конгресса рассматривается уже утвержденный в январе 2022 года сенатом Закон «О создании в Америке возможностей для производства, обеспечения превосходства в технологиях и экономической мощи» (America Creating Opportunities for Manufacturing, Pre-Eminence in Technology, and Economic Strength (America COMPETES) Act of 2022). В частности, он предусматривает выделение 52 млрд долл. на финансирование создания и модернизации производственной базы микроэлектроники на территории США и НИОКР по ИС для широкого диапазона применений – от возобновляемой энергетики и кибербезопасности до искусственного интеллекта и квантовых вычислений [25, 26].

Утверждение America COMPETES Act необходимо для окончательного принятия законопроектов USICA и CHIPS for America Act, которые застряли в Палате представителей. Первый предусматривает финансирование НИОКР в области полупроводниковых приборов в размере 110 млрд долл. в течение пяти лет, а второй – выделение 52 млрд долл. на поддержку отечественного производства ИС в течение следующего десятилетия за счет грантов и налоговых льгот. Из-за этой задержки расходы по этим законопроектам на 2021 и 2022 годы принесли в рамках военного бюджета [27].

Представители Intel утверждают, что четыре новых завода, составляющие основу IFS, будут предлагать заказчикам в той или иной форме доступ ко всем технологиям корпорации, разрабатываемым в соответствии с ее Маршрутной картой развития (табл. 5) [28].

Наконец, еще одно: в середине июля 2021 года появились сообщения о том, что корпорация Intel рассматривает возможность осуществления сделки по покупке корпорации GlobalFoundries за 30 млрд долл. Но какого-либо продолжения не последовало [29].



Разработка и производство конденсаторов

оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы

K50-15, K50-17, K50-27, K50-37, K50-68, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84, K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90, K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип), K50-96, K50-97(чип), K50-98, K50-99, K50-100, K50-101(чип), K50-102, K50-103, K50-104, K50-105, K50-106

объемно-пористые танталовые конденсаторы

K52-1, K52-1M, K52-1BM, K52-1B, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы

K53-1A, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-69(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-82

суперконденсаторы (ионисторы)

K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-30, K58-31, K58-32, K58-33

накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ

Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001



Таблица 5. Маршрутная карта развития полупроводниковых технологий корпорации Intel до 2025 года

Технологический процесс	Описание
Intel 7*	Обеспечивает увеличение удельной (на 1 Вт) производительности примерно на 10–15% по сравнению с 10-нм SuperFin технологическим процессом (Intel) за счет оптимизации FinFET-транзисторов. Intel 7 будет представлена в таких продуктах, как процессоры Alder Lake (клиентские) в 2021 году и Sapphire Rapids (для ЦОД), производство которых ожидается в I кв. 2022 года
Intel 4**	Полностью реализуется с использованием EUV-литографии. Ожидаемое увеличение удельной производительности – примерно 20%. Также возможно снижение площади кристалла. Планируемое начало опытного производства ИС по данному технологическому процессу – вторая половина 2022 года, серийного производства (клиентские процессоры Meteor Lake и процессоры Granite Rapids для ЦОД) – 2023 год
Intel 3	Использует дальнейшую оптимизацию FinFET- и EUV-литографию с расширенными возможностями. Предполагаемое увеличение удельной производительности по сравнению с Intel 4–18%. Начало использования в производстве – вторая половина 2023 года
Intel 20Å***	Открывает эру ангстремных топологий с двумя революционными технологиями – RibbonFET и PowerVia. RibbonFET, реализация Intel транзистора с круговым затвором на основе нанолент, станет первой новой транзисторной архитектурой компании с момента внедрения ее FinFET-архитектуры в 2011 году. Эта технология обеспечивает более высокую скорость переключения транзисторов, используя при этом такой же управляющий ток, что и несколько «плавников», при меньшей занимаемой площади. PowerVia – это первая в отрасли уникальная реализация Intel для подачи питания по обратной стороне подложки, оптимизирующая передачу сигнала за счет устранения необходимости в формировании разводки питания на лицевой стороне. Ожидаемое время освоения в производстве – 2024 год
Intel 18Å	На начало 2025 года будет находиться в стадии разработки – одновременно с доработкой технологии RibbonFET, что должно обеспечить еще один значительный скачок в производительности транзисторов

* Intel 7 является развитием 10-нм технологии Intel, сопоставимой по производительности и ряду других параметров с 7-нм технологиями корпораций Samsung и TSMC (по утверждениям специалистов Intel).

** Intel 4 является развитием 7-нм технологии Intel, сопоставимой по производительности и ряду других параметров с 5/4-нм технологиями корпораций Samsung и TSMC (по оценкам специалистов Intel).

*** Начиная с технологических уровней с проектными нормами менее 3 нм в названиях технологических процессов будут использоваться измерения в ангстремах (Å).

* * *

То, что индустрия кремниевых заводов и дальше будет превращаться в основную производственную базу мировой микроэлектроники, очевидно. При нарастающих издержках по мере масштабирования это экономически целесообразно. Данное предположение подтверждается развитием Samsung Foundry и формированием автономного foundry-подразделения Intel. Эти два крупнейших IDM более не могут развиваться без использования бизнес-модели кремниевого завода. Уделом «чистых» IDM становятся нишевые рынки с высоким уровнем монополизации. Следует отметить, что Intel вполне вероятно, а Samsung Foundry совершенно точно получают существенную государственную поддержку, измеряемую миллиардами долларов (законы CHIPS Act for America, USICA,

America COMPETES и программа K-Semiconductor Belt соответственно).

Все большее значение в мировой микроэлектронике играет КНР. Несмотря на американские санкции эта отрасль в «Поднебесной» продолжает развиваться на основе собственных технологий. Большое внимание уделяется развитию отечественных САПР, секторам полупроводниковых материалов и разработки / производства собственного технологического оборудования. Пример – разработки SMIC 14/12-нм технологических процессов, не уступающих по ряду параметров первому поколению 7-нм техпроцессов Samsung и TSMC. Кроме того, 2022 год должен стать годом массового освоения китайскими поставщиками ИС 14-нм отечественных ИС.



**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ
КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ**



**ЕДИНСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
КОНДЕНСАТОРОВ РАЗМЕРА 1005***

* в России

Постоянная ёмкость. Многослойные. Для работы в цепях постоянного, переменного тока и в импульсном режиме.

Являются аналогом зарубежных изделий Murata серии GRM, GR3, GRJ



kulon.spb.ru

+7 (812) 317-33-04
sale@kulon.spb.ru

Официальный
поставщик

www.zolshar.ru



Следует отметить, что на развитие индустрии кремниевых заводов серьезно влияет развитие противоречий в треугольнике КНР – Тайвань – США. На фоне выстраивания в КНР и США самодостаточных экосистем микроэлектроники и целостных цепочек поставок, а также ужесточения позиции Пекина по вопросу независимости острова происходит не только ускорение развития полупроводниковой промышленности в этих странах, но и возникает тенденция создания тайваньскими фирмами (прежде всего TSMC) собственной производственной базы в США на основе перспективных технологий и перевода туда высококвалифицированных специалистов в области НИОКР и производства. По мнению многих аналитиков особенно сложными с различных точек зрения станут 2024–2025 годы (при отсутствии внезапных обострений ранее). Кроме того, Intel и ряд других корпораций формируют новые научно-производственные кластеры в Аризоне и Огайо. Одна из целей – уменьшить к 2024–2025 годам зависимость США от изделий микро- и радиоэлектроники, производимых на территории КНР. Это позволит Вашингтону применять против Пекина более жесткие меры.

Превращение GlobalFoundries из «семейного предприятия» властей эмирата Абу-Даби в открытое АО посредством IPO не только обеспечит приток дополнительного капитала. С одной стороны, появится возможность возвращения в «гонку за нанометрами», то есть отказ от самоограничения уровнем 16/14 нм и разработка технологий с проектными нормами 5/3/2 нм и менее. С другой стороны, расширятся возможности развития эмирата в постнефтяную эру и возвращения к отложенным около 10 лет назад планам создания центра проектирования и производства ИС в самом эмирате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Foundry Market Tracking Toward Record-tying 23% Growth in 2021 // IC Insights, Research Bulletin, September 22, 2021.
2. **LaPedus M.** Foundry Wars Begin // Semiconductor Engineering. April 19th. 2021.
3. Semi Capex on Pace for 34% Growth in 2021 to Record \$152.0 Billion // IC Insights, Research Bulletins, December 14, 2021.
4. **Manners D.** TSMC to spend \$100bn in three years. Electronics Weekly, 1st April 2021.
5. **Patterson A.** TSMC to Raise \$9 Billion for Expansion Amid Shortages // EE Times, 02.11.2021.
6. Arizona group courts Taiwanese chip companies with new agreement following TSMC's investment in the state // South China Morning Post, 25 Aug, 2021.
7. **Patterson A.** TSMC, Sony to Partner in \$7B Fab in Japan // EE Times, 11.09.2021.
8. IC Industry at Heart of Possible China Takeover of Taiwan. IC Insights. Research Bulletin, October 13, 2021.
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.
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.
11. GlobalFoundries Announces Extension of AMD Wafer Supply Agreement to Guarantee Supply // Semiconductor Digest. December 28. 2021.
12. GlobalFoundries Announces Launch of Initial Public Offering // Semiconductor Digest. October 19. 2021.
13. **Manners D.** GloFo to IPO at a \$20bn valuation // Electronics Weekly. 9th April. 2021.
14. **Макушин М.** Битва за будущее микроэлектроники. Некоторые аспекты «Холодной технологической войны» США и КНР в области микроэлектроники // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2021. № 2. С. 56–67
15. **Макушин М.** Индустрия кремниевых заводов: некоторые аспекты развития // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2021. № 1. С. 66–77.
16. Mass Production of 14nm Chips in China Will Spur Future Growth of Its Chip Industry // Semiconductor Digest. July 13. 2021.
17. Samsung Foundry. Manufacturing.
18. **Hamblen M.** Samsung Foundry touts new U.S. fab, chips on 3nm in '22 and 2nm in '25 // Fierce Electronics. Oct 6, 2021.
19. **Scansen D.** Korea Teases Fab Expansions // EE Times, 05.14.2021.
20. **Santo B.** Intel Surprises with \$20B Expansion of Foundry Business. EE Times, 03.24.2021.
21. Intel Launches "IDM 2.0" Strategy, Including Two New U. S. Fabs and Foundry Services // Semiconductor Digest. March 24. 2021.
22. **Hamblen M.** Intel to invest \$7B in chip fab for Penang, report says // Fierce Electronics. Dec 14, 2021.
23. Intel Announces Next US Site with Landmark Investment in Ohio. Semiconductor Digest, January 21, 2022
24. **Matt Hamblen.** Intel fab headed to central Ohio, sources say. Fierce Electronics, Jan 14, 2022
25. America Creating Opportunities for Manufacturing, Pre-Eminence in Technology, and Economic Strength (America COMPETES) Act of 2022
26. **Leopold G.** House Bill Funds CHIPS Act, Stresses R&D. EE Times, 01.25.2022
27. **Patterson A.** Biden, Intel Unveil Ohio Fab, Tout Chip Legislation. EE Times, 01.21.2022
28. **Santo B.** Intel Charts Manufacturing Course to 2025. EETimes, 07.27.2021.
29. **Lombardo C., Dana Cimilluca D.** Intel Is in Talks to Buy GlobalFoundries for About \$30 Billion // Wall Street Journal. July 15. 2021.

Векторный анализатор цепей АКИП-6604



Широкий динамический диапазон и простой интерфейс



Измеряемые параметры: параметры рассеяния (S-параметры), дифференциальные измерения, измерения приемника, анализ параметров во временной области, параметры пульсаций, импеданс, добавление или удаление кабелей и испытательных приспособлений, рефлектометр

Основные возможности и преимущества

- Частотный диапазон 9 кГц...8,5 ГГц
- 2 или 4 порта
- Динамический диапазон 125 дБ@10 Гц
- Низкий уровень шума
- Калибровочные комплекты SOLT от DC до 9 ГГц.



119071, г. Москва, 2-й Донской пр., д. 10, стр. 4; тел.: +7 (495) 777-5591; prist@prist.ru
196006, г. Санкт-Петербург, ул. Цветочная, д. 18, лит. В, офис 202; тел.: +7 (812) 677-7508; spb@prist.ru
620089, г. Екатеринбург, ул. Цвиллинга, д. 58, офис 1; тел.: +7 (343) 317-3999; ek@prist.ru

prist.ru