

Полупроводниковые приборы: прогнозы продаж и аспекты развития

М. Макушин¹

УДК 621.37 | ВАК 2.2.2

В настоящее время большинство аналитических фирм полагают, что продажи полупроводников в 2030 году превысят уровень в 1 трлн долл. – несмотря на текущий циклический кризис. В перспективе развитие полупроводниковой промышленности идет по двум направлениям. Первое – дальнейшее масштабирование, использование новых материалов и приборных структур. Второе – расширение применения перспективных методик корпусирования. Особую роль в обоих направлениях играет развитие экосистемы чиплетов.

Помимо экономических факторов будущего отрасли большое значение имеют развитие технологий литографии, переход на меньшие проектные нормы, а также освоение 2,5D- и 3D-технологий корпусирования. Кроме того, развитие экосистемы чиплетов ставит новые проблемы в таких областях, как обеспечение надежности ИС и анализа этой надежности.

ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В настоящее время на мировом рынке полупроводников, да и в мировой экономике в целом, возникли трудности. Это особенно стало видно во второй половине 2022 года. При этом стоит отметить, что многие трудности в мировой экономике, оказывающие воздействие и на развитие полупроводниковой промышленности, обусловлены санкциями США и их союзников против Российской Федерации. Тем не менее, отраслевые аналитические фирмы сохраняют оптимизм относительно средне- и долгосрочных перспектив развития рынка полупроводников – это хорошо видно по данным табл. 1. Действительно, за исключением оценок ресурса Precedence Research, прогнозные данные профильных организаций достаточно близки. Средним можно назвать прогноз Ассоциации полупроводниковой промышленности США (Semiconductor Industry Association, SIA). Причем разброс прогнозных данных не так велик по 2020–2022 годам, а в перспективе за период с 2029 по 2031 год различий становится еще меньше. Большинство прогнозов говорит о том, что на рубеже 2030 года объем продаж полупроводников превысит уровень в 1 трлн долл.

Как известно, полупроводники являются ключевой технологией, позволяющей производить широкий ассортимент продукции практически во всех сегментах не только в экономиках ведущих стран-производителей этих приборов, но и в мировой экономике в целом. Особо интересны в этом плане прогнозы структуры продаж полупроводников по конечному использованию, так как они позволяют оценить долгосрочные тенденции и полупроводниковой промышленности, и отраслей радиоэлектронного комплекса в целом. Недавно ресурс Statista опубликовал подобный прогноз (табл. 2). Рассматривая эти данные, можно отметить, что продажи полупроводников (включая ИС) для смартфонов и персональных компьютеров демонстрируют наименьшие темпы прироста, что свидетельствует о зрелости и высокой насыщенности рынков соответствующих конечных систем. Примерно такая же ситуация в случае потребительской электроники и полупроводников для нее. В то же самое время сектор автомобильной электроники, по прогнозам, увеличится в период 2020–2030 годов более чем в 3,7 раза, а сектор серверов, центров обработки данных (ЦОД) и ЗУ за тот же период – в 3,28 раза. Близкие темпы роста (3,13 раза) ожидаются и в секторе промышленной электроники.

По мнению отраслевых аналитиков, текущий спад на рынке полупроводников будет краткосрочным, хоть и приведет к изменениям долей различных секторов в общей структуре полупроводниковой промышленности. В долгосрочной перспективе и на полупроводники, и на ИС прогнозируется динамичный рост спроса. Также отмечается, что в условиях проводящейся в США политики по развитию национальной полупроводниковой промышленности (замкнутая экосистема) американские фирмы планируют значительно укрепить свои позиции и на национальном, и на международном рынках. На расширение производственных мощностей в США к началу 2023 года было выделено более 200 млрд долл. частных инвестиций [1–6].

¹ НОБ «Военные науки и оборонная промышленность» БРЭ, научный редактор.

Таблица 1. Оценки и прогнозы различных аналитических фирм по мировым продажам полупроводниковых приборов в период 2020–2030 годов. *Источники: сайты Allied Market Research, Fortune Business Insights, Precedence Research, Semiconductor Industry Association, Statista, Vantage Market Research*

Фирма	Объем продаж, млрд долл.			
	2020	2022	2025	2030
Allied Market Research	555,9 (2021)	–	–	1 033,5 (2031)
Fortune Business Insights	527,88 (2021)	573,44	–	1 380 (2029)
Precedence Research	405,7	456,79	551,26	772,03
Semiconductor Industry Association	458	612	770 (2026)	1 030
Statista	472	619	737	1 098
Vantage Market Research	–	466,32	598,93	908,92

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ

После достижения полупроводниковой промышленностью уровня проектных норм 22/20 нм перед отраслью встал вопрос о переходе к пост-КМОП-эре и завершении действия так называемого закона Мура. Наступающая эпоха «После Мура» (Beyond Moore's Law) породила две основные концепции – «Больше Мура» (More Moore), то есть продолжение масштабирования за счет новых материалов и приборных структур, и «Больше, чем Мур» (More than Moore), то есть совершенствование технологий не столько за счет новых материалов и приборных структур, сколько за счет методик 2,5D- и 3D-корпусирования. Надо отметить, что обе эти концепции взаимодополняющие, а не антагонистичные. Например, чиплеты (малые специализированные процессоры и другие приборы, появившиеся как выход из тупика невозможности дальнейшего масштабирования систем-на-кристалле (SoC)), используются в рамках обеих концепций.

Общие перспективы технологического развития

Развитие технологий полупроводников, и особенно ИС, требует огромных инвестиций в новые технологические процессы и материалы, от перспективных процессов

Таблица 2. Оценка и прогноз структуры мирового рынка полупроводниковых приборов по конечному потреблению на период 2020–2030 годов. *Источник: Statista*

Тип конечной системы	Объем продаж, млрд долл.			
	2020	2022	2025	2030
Смартфоны	117	144	150	213
Персональные компьютеры	100	115	124	131
Потребительская электроника	50	71	79	114
Автомобильная электроника	40	63	93	149 3,7
Промышленная электроника	51	73	93	160 3,13
Проводная и беспроводная инфраструктура	38	53	62	82 2,15
Серверы, ЦОД, ЗУ	76	100	136	249 3,28
Итого	472	619	737	1 098

с минимальными проектными нормами до более зрелых процессов, которые можно использовать по-новому. Но все это требует существенных изменений во всех процессах производства и корпусирования. В целом, эти инновации можно условно поделить на четыре основные области:

- создание более рентабельных методик формирования рисунка;
- увеличение быстродействия межсоединений за счет использования новых материалов и гибридных методик соединения элементов ИС;
- развитие методов моделирования для улучшения анализа процессов и систем до начала их «обкатывания» на тестовых пластинах;
- эффективная интеграция разрозненных функциональностей кристаллов ИС в целях создания более компактной, дешевой и быстродействующей электроники.

Тем не менее, работы во всех этих направлениях, в конечном счете, упираются в проблемы литографии и приборных структур.

Как известно, дальнейшее масштабирование ИС не ограничивается пределами 5, 3 и 2 нм. Многие разработчики и производители уже указывают в своих маршрутных картах развития полупроводниковых приборов

ангстремные процессы с выходом в перспективе на атомарный уровень (рис. 1).

Планирование перехода к подобным проектным нормам тесно связано с развитием технологии литографии и приборных структур.

С точки зрения литографии, единственно возможным выбором является применение установок, работающих в предельном ультрафиолете (EUV-литография, длина волны излучения – 13,5 нм). При этом на проектных нормах менее 5 нм потребуются использование методик двукратного и, возможно, многократного формирования рисунка. То есть срок жизни EUV-литографии с однократным формированием рисунка оказался коротким – ограничен проектными нормами 7 и 5 нм. Но именно однократная EUV-литография рассматривалась как более рентабельная альтернатива 193-нм иммерсионной литографии с методиками многократного формирования рисунка. Но от чего ушли, к тому и вернулись... Правда, при использовании

установок EUV-литографии с высокой числовой апертурой ($NA=0,55$) вместо установок с $NA=0,33$ ситуация, с одной стороны, может улучшиться, а с другой – обостряются некоторые проблемы, прежде всего, с метрологией критических размеров минимальных элементов кристаллов ИС. Ожидается, что установки EUV-литографии с $NA=0,55$ появятся в 2025–2027 годах.

Тенденции в области приборных структур также просматриваются на период не менее, чем до 2036 года. Сейчас уже происходит переход от «плавниковых» полевых транзисторов с изолированными затворами (FinFET) к полевым транзисторам на каналах с круговым затвором (GAA FET). Причем первоначально это будут нанолитовые транзисторы (nanosheet GAA FET), а примерно с 2028 года начнут применяться GAA FET с каналами, разделенными на вертикальные нанолиты (forksheet GAA FET). Затем, на рубеже 2032 года, придет очередь комплементарных нанолитовых полевых транзисторов (CFET). На протяжении

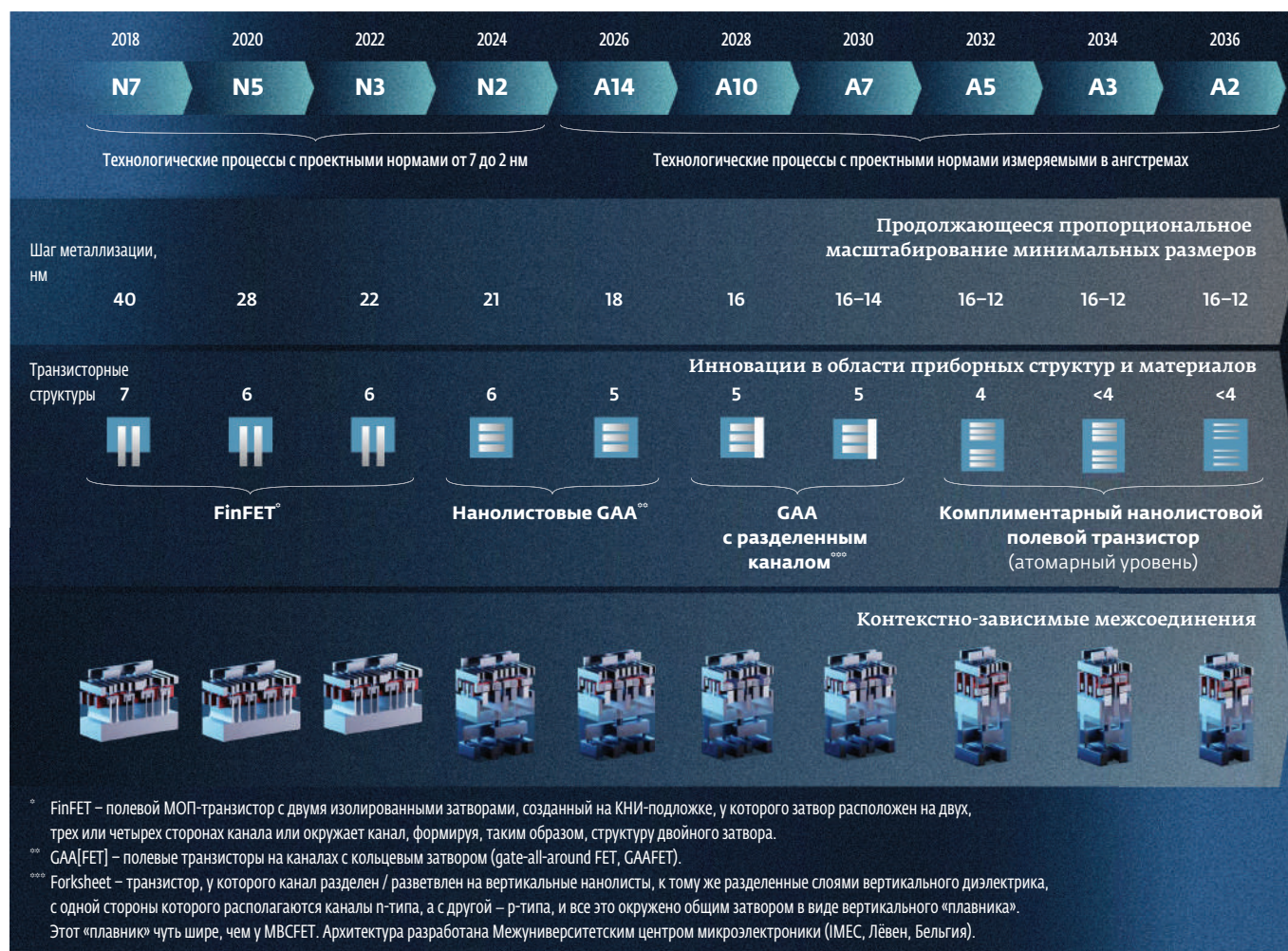


Рис. 1. Перспективная маршрутная карта развития полупроводниковых технологий (масштабирование, приборные структуры, материалы и контекстно-зависимые межсоединения). *Источник: Semiconductor Engineering*



ГРУППА КОМПАНИЙ

ЭЛЕКТРОННОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

АО НПП ЭСТО (Группа компаний ЭСТО) - объединение ведущих российских предприятий, специализирующихся на разработках, производстве, модернизации, продаже и сервисном обслуживании специального технологического оборудования.

Направления деятельности группы «ЭСТО»

Разработка и производство технологического оборудования (лазерное, вакуумное, сборочное, нестандартное) и внедрение технологий

Организация поставок как отдельных единиц зарубежного технологического оборудования, так и комплексных законченных технологий «под ключ»

Комплексная и частичная модернизация российского и зарубежного технологического оборудования любой сложности

Сервисное обслуживание российского и зарубежного технологического оборудования

Проектирование и строительство производств микроэлектроники

Обучение специалистов заказчика

Технологический аудит производства

Группа компаний ЭСТО более 20 лет производит оборудование для микроэлектроники в собственном инженерно-производственном комплексе метrajом в 5000 кв.м в г. Зеленограде

Акционерное общество
«Научно-производственное
предприятие «Электронное
специальное технологическое
оборудование»

124460, Москва, Зеленоград,
просп. Георгиевский, д. 5, стр. 1
тел.: (499) 729-77-51,
(499) 479-12-39
info@nppesto.ru
www.nppesto.ru



всего этого перехода толщина канала будет уменьшаться, а его ширину придется подстраивать с помощью литографии. С точки зрения конструкции, такой переход выгоден, так как для получения нанолитов будут травиться «плавники», в результате чего можно добиться меньшего аспектного отношения, чем у (многоплавниковых) транзисторов с аналогичной эффективной шириной канала. Кроме того, в этом случае травление больше не приводит к изменению толщины подложки и, следовательно, порогового напряжения. Но новое и трудное здесь в том, что травление придется осуществлять через несколько слоев Si и эпитаксиального SiGe [7, 8].

Чиплеты и повышение надежности ИС

Как уже говорилось, появление чиплетов было обусловлено необходимостью дальнейшего повышения производительности и снижения энергопотребления кристаллов ИС. Но их появление также привело к необычным и часто непредсказуемым ошибкам в аппаратном обеспечении, которые чрезвычайно трудно обнаружить. Причины можно определить так:

- возникает все большее число компонентов, размещенных на кристаллах и в модулях, слои металлизации и диэлектриков становятся все тоньше, а число межсоединений увеличивается. Это затрудняет предсказание того, где влияние изменчивости параметров процесса, скрытые дефекты и даже квантовые эффекты вызовут проблемы с надежностью и в какой последовательности;
- кристаллы ИС, реализованные по все меньшим проектным нормам, используются в системах с более высоким коэффициентом использования, чем в прошлом, особенно в ЦОД и приложениях искусственного интеллекта (ИИ). Это увеличивает механические и электрические нагрузки, влияющие на качество сигнала и синхронизацию. Наряду с этим, некоторые из этих систем рассчитаны на более длительный жизненный цикл, требующий регулярных обновлений программного обеспечения (ПО), что со временем может привести к изменению поведения некоторых аппаратных компонентов;
- конструкции ИС становятся все более разнородными и подстраиваемыми под требования пользователя, увеличивая число возможных взаимодействий, уникальных для конкретной ИС. Также в этих ИС и модулях устройств все чаще используются компоненты, реализованные на разных проектных нормах, иногда изготовленные на разных кремниевых заводах.

Одним из путей решения этих проблем стал подход, предложенный специалистами Университета штата Айова, Аргоннской национальной лаборатории и фирмы Baidu Security: «Выборочное дублирование инструкций

с поддержкой нескольких входов» (multi-input-hardened selective instruction duplication, MinpSID). Данный подход позволяет «идентифицировать неуловимое распространение ошибок по нескольким входам», что позволяет повысить надежность и определить «инкубационные инструкции», вызывающие подобные ошибки.

Но не все ошибки возникают вследствие несовершенства конструкции ИС. Их возникновение также связано с различными сочетаниями факторов, возникающих на всей цепочке от проектирования до производства. И чем меньше проектные нормы, тем выше вероятность возникновения таких ошибок. При этом некоторые дефекты могут проявляться только по мере старения ИС. Ряд ошибок и дефектов может вызываться этажированием кристаллов ИС и чиплетов с использованием перспективных методов корпусирования. Одним из вариантов выявления ошибок и дефектов в этом случае является использование встраиваемых средств самотестирования [8, 9].

Чиплеты: воздействие на индустрию корпусирования, основные разработчики – мини-консорциумы

Появление чиплетов и перспективных 2,5- и 3D-методик корпусирования значительно изменило как индустрию проектирования, так и ее место в полупроводниковой промышленности в целом. Сама индустрия проектирования, точнее методы корпусирования, стали более разнообразными (рис. 2). Но дело еще и в том, что создание основного объема добавленной в процессе обработки стоимости все больше смещается от начальных этапов обработки пластин (формирование транзисторной структуры) в область завершающих этапов обработки, а именно – корпусирования.

Можно отметить интересный факт: для разработки чиплетов не возникает широких отраслевых или межотраслевых консорциумов, как происходило ранее при решении общих для полупроводниковой промышленности проблем. Наоборот, для разработки чиплетов формируются мини-консорциумы. Движущим фактором этого процесса является необходимость во все большей подстройке под требования потребителей, в условиях сужающихся рыночных окон^{*}, в сочетании с ожесточающейся потребностью в СФ-блоках^{**}, аттестованных на физическом уровне (в кремнии).

^{*} Market window – сроки реализации возможностей рентабельного внедрения новой продукции / технологии на рынок или ее освоения в производстве.

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



www.monolit.by

ВИТЕБСКИЙ ЗАВОД РАДИОДЕТАЛЕЙ

**МНОГОСЛОЙНЫЕ
КЕРАМИЧЕСКИЕ
КОНДЕНСАТОРЫ**

**ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩАЯ
ПРОДУКЦИЯ**

для высоконадёжной аппаратуры

ТЕРМОРЕЗИСТОРЫ

с положительным температурным
коэффициентом сопротивления

**РЕГИСТРЫ
НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ**

Республика Беларусь, 210101,
г. Витебск, ул. М. Горького, д. 145
Телефон: +375 (212) 36-45-05 (приемная)
Факс: +375 (212) 36-44-07
E-mail: info@monolit.by

Конструкторско-технологический отдел:
Телефон: +375 (212) 36-44-21
E-mail: kto@monolit.by

Отдел маркетинга и сбыта
Маркетинг:
Телефон: +375 (212) 36-44-52
E-mail: monolmarket@mail.ru
Сбыт:
Телефон: +375 (212) 36-45-34;
+375 (212) 36-45-42
E-mail: monosbet@mail.ru

www.monolit.by

СПЕЦЭЛЕКТРОНКОМПЛЕКТ
КОМПЛЕКТНЫЕ ПОСТАВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

**ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИЛЕР НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Акционерное общество «СПЕЦЭЛЕКТРОНКОМПЛЕКТ»

Эти разрозненные мини-консорциумы работают над разработкой интеграционных моделей, похожих на детский конструктор LEGO, для узкоспециализированных приложений и конечных рынков. Все они начинают с малого, так как создание коммерческой чиплетной конструкции, которая могла бы работать в самых разных вариантах использования, слишком трудная задача. Одно дело подключать чиплеты по стандартизированной схеме, такой как Universal Chiplet Interconnect Express (UCIe), или с помощью мостовых соединений, разработанных Intel или Samsung. Совсем другое – ожидать, что они будут работать на разнородных устройствах при различных вычислительных нагрузках и условиях эксплуатации. Правда, чиплеты уже опробованы

в хорошо управляемых ситуациях. Так, корпорации AMD и ASE сотрудничают при создании чиплетов для графических подсистем уже более 10 лет, а корпорация Marvell использует их с 2016 года. Но в целом задача остается трудной, так как требует учета не только аспектов собственно чиплетов, но и аспектов «систем-в-модуле», гетерогенной интеграции и многого другого. Речь идет о создании дружественных чиплетам архитектур, ориентированных на коммерческий успех. Особенно это важно с учетом развития сектора высокопроизводительных вычислений.

Мини-консорциумы уже добились некоторых успехов. Так, корпорации Samsung Electronics удалось построить с помощью партнеров собственную экосистему,

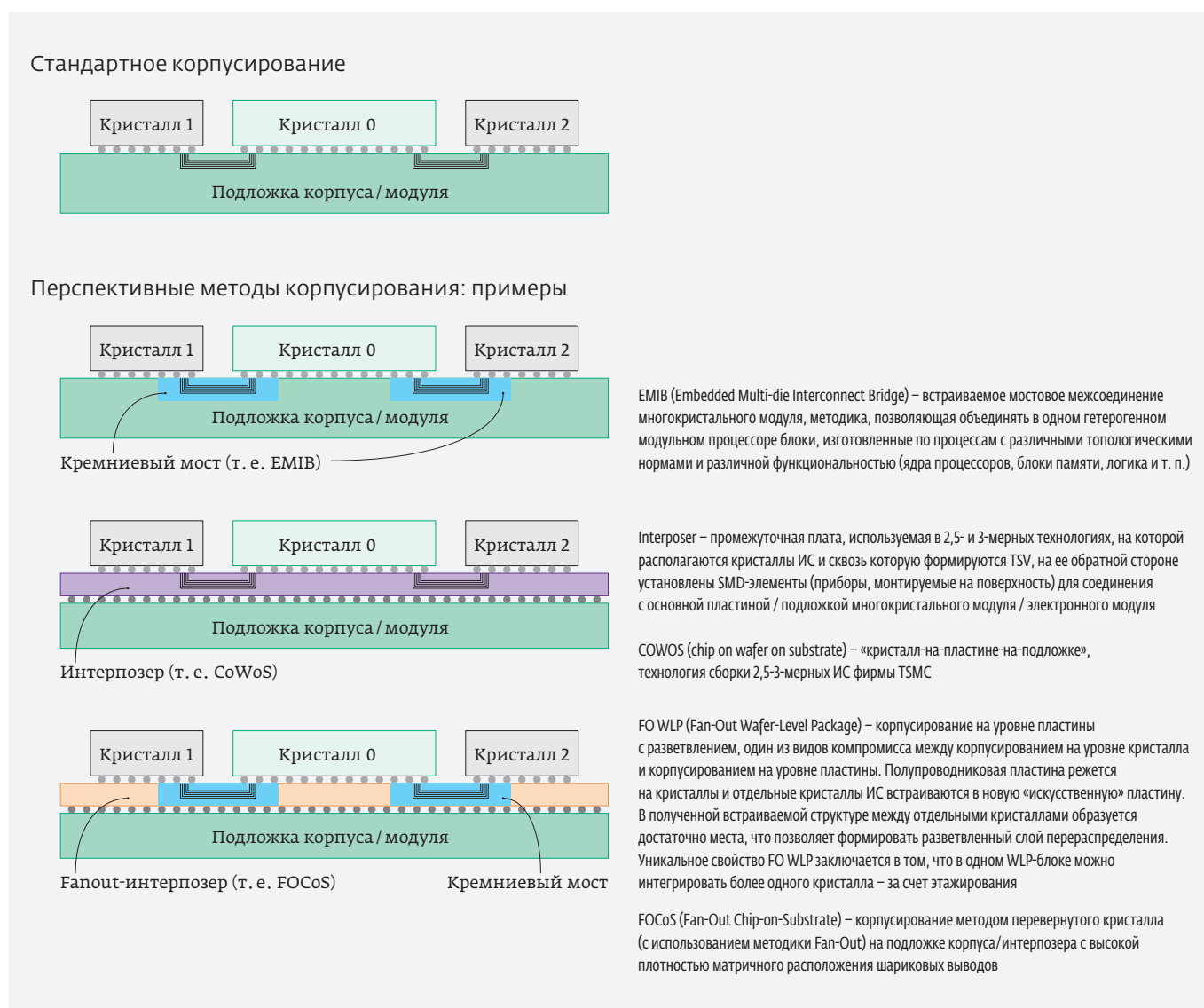


Рис. 2. Сопоставление традиционной и перспективных методик корпусирования.

Источник: Fraunhofer IIS EAS/UCIe/Chiplet Summit

interlight
RUSSIA

intelligent building
RUSSIA

interlight-building.ru

28 лет в России

Международная выставка освещения,
автоматизации зданий, электротехники
и систем безопасности

18–21.09.2023

ЦВК «Экспоцентр», Москва

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

Техническое
освещение



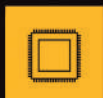
Декоративное
освещение



Лампы



Компоненты



Праздничное
освещение



LIGHT

BUILDING

Электротехника



Автоматизация
зданий



Интегрированные
системы безопасности



Умный дом



Умный город



Отправь промокод **INTERLIGHT_BUILDING**
и получи бонус к участию!

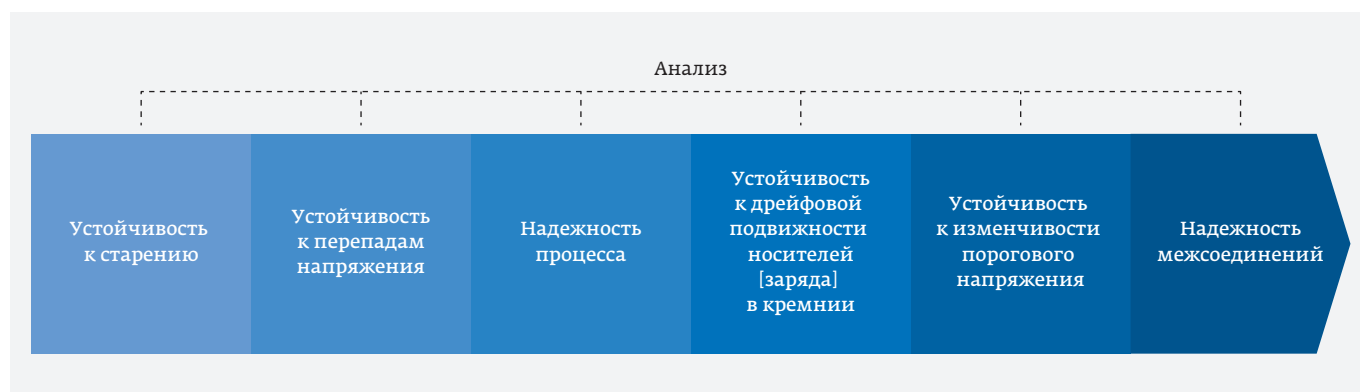


Рис. 3. Анализ различных аспектов надежности конструкций ИС. Источник: Cadence

создающую и аттестующие коммерчески жизнеспособные чиплеты. Подобным образом фирма Palo Alto Electron, специализирующаяся на перспективных методах корпусирования и чиплетов, создала мини-консорциум, куда также входят Promex Industries (системная интеграция), Thrace Systems (анализ рассеяния мощности), iTest (анализ надежности и отказов), Hyperion (проектирование системного уровня, межсоединения и перспективные методы корпусирования) и Anemoi Software (моделирование тепловых распределений).

Активно участвуют в создании чиплетных мини-консорциумов фирмы, специализирующиеся на сборке, корпусировании и тестировании полупроводников (OSAT) и кремниевые заводы (контрактное производство ИС, в первую очередь TSMC). С ними активно сотрудничают поставщики инструментальных средств САПР. Число различных схем соединения чиплетов и других приборов в комплексных решениях стремительно растет [10].

Некоторые аспекты анализа надежности конструкций ИС

Перед разработчиками всегда стоит проблема хрупкого баланса между технологическими проблемами, резервами, которыми они располагают для их устранения, а также стоимостью анализа всего этого. Если исследовать слишком много проблем, кристалл ИС может не дойти до этапа производства. Если недостаточно – это отразится на выходе годных изделий, ИС может оказаться неконкурентоспособной. Анализ надежности конструкции ИС должен охватывать все возможные аспекты (рис. 3), но в «разумной мере».

При анализе аспекта старения разработчики должны обладать библиотеками данных, имитирующих процесс старения на протяжении 5–10 лет. При анализе устойчивости напряжения приходится принимать во внимание тенденцию снижения рабочего напряжения

и ее взаимодействие с другими факторами. У каждого из этапов анализа есть свои особенности и набор требований. Еще одним аспектом, охватывающим все указанные этапы, является выявление воздействия на надежность конструкции ИС такого фактора, как использование перспективных методик корпусирования. Этот фактор связан с использованием в 2,5 / 3D ИС или в модулях реализованных по различным проектным нормам блоков и чиплетов, причем, возможно, изготовленных разными производителями. С учетом этого анализ надежности кристалла ИС, входящего в такую конструкцию, серьезно усложняется. В завершение возникает вопрос верификации конструкции до ее передачи в производство. Решение перечисленных задач зависит от возможностей используемых инструментальных средств САПР, особенно с точки зрения моделирования [8, 11].

* * *

В долгосрочной перспективе рынок полупроводников будет динамично развиваться и ожидается, что к 2030 году он преодолет рубеж продаж в 1 трлн долл. Большое значение для этого будут иметь такие сектора конечного потребления, как высокопроизводительные вычисления, автомобильная и промышленная электроника.

Дальнейшее масштабирование ИС в сторону меньших проектных норм будет обеспечиваться как использованием методик многократного формирования рисунка на установках EUV-литографии с $NA=0,33$, так и освоением технологии EUV-литографии с $NA=0,55$.

Различные проблемы с надежностью конструкций ИС и 2,5- и 3D-модулей во многом будут решаться за счет расширения сотрудничества разработчиков с поставщиками инструментальных средств САПР – в первую очередь за счет расширения возможностей моделирования на этапе до реализации этих конструкций на



МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2023

31 мая – 3 июня
ПАТРИОТ ЭКСПО

ОРГАНИЗАТОР
САЛОНА



ОПЕРАТОР
САЛОНА



МКВ

www.isse-russia.ru

физическом уровне. Также все большее значение приобретают встраиваемые в конструкции средства самотестирования. Не менее важным аспектом является и встраивание средств контроля на всех этапах процесса производства полупроводников.

Что касается экосистемы чиплетов, то, если чиплетный подход окажется успешным, он, потенциально, сможет изменить способ вывода на рынок полупроводниковых приборов, ИС, систем-в-модуле, а также некоторых конечных систем. При этом будет обеспечиваться гораздо большая подстройка под требования потребителей при значительно меньших издержках. То есть возникает возможность обеспечить значительный прирост производительности новых архитектур на более нишевых рынках, но без серьезных затрат на разработку с нуля специализированных ИС (ASIC) или SoC. Но сначала нужно решить множество проблем, и полупроводниковая промышленность находится в процессе выявления этих деталей – посредством чиплетных мини-консорциумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Semiconductor market revenue worldwide from 2020 to 2030, by application // Statista
2. Semiconductor Market – Global Industry Assessment & Forecast // Vantage Market Research
3. The global semiconductor market was valued at \$555.9 billion in 2021, and is projected to reach \$1,033.5 billion by 2031, registering a CAGR of 6.21% from 2022 to 2031. // Allied Market Research. September 2022
4. Semiconductor Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis by Components and Regional Forecasts, 2022–2029 // Fortune Business Insights. April 2022
5. Semiconductor Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022–2030 // Precedence Research.
6. Chip Sales Rise in 2022, Especially to Auto, Industrial, Consumer Markets // Semiconductor Industry Association. Monday, Mar 27, 2023.
7. **Peters L.** Tech Forecast: Fab Processes To Watch Through 2040 // Semiconductor Engineering. March 16th, 2023
8. **Peters L.** Big Changes Ahead In Power Delivery, Materials, And Interconnects // Semiconductor Engineering. March 22nd, 2023
9. **Sperling E., Mutschler A.** How To Build Resilience Into Chips // Semiconductor Engineering. February 27th, 2023
10. **Sperling E.** Mini-Consortia Forming Around Chiplets // Semiconductor Engineering. March 20th, 2023
11. **Bailey B.** Taming Corner Explosion In Complex Chips // Semiconductor Engineering. February 23rd, 2023



ТЕЛЕГРАММ КАНАЛ 
НАУЧНОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА
ТЕХНОСФЕРА:

- Онлайн репортажи с крупнейших выставок отрасли
- Анонсы мероприятий с участием технических экспертов отрасли
- Скидки на журналы издательства до 25%
- Конкурсы и розыгрыши от ведущих компаний
- Книжные новинки и презентации новых выпусков журналов

Подписывайтесь и оставайтесь в курсе
главных событий научно-технической сферы





ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ СЕРИЮ КНИГ «МИР РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Уникальность этой серии в том, что в редакционный совет вошли крупнейшие специалисты в данной области, которые в силу своих профессиональных обязанностей хорошо представляют как направление развития современных технологий, так и их востребованность в нашей стране. Члены редакционного совета принимают участие и в отборе книг для серии, и в научном редактировании, обеспечивая их высокий уровень. В настоящий момент в серии вышло более 30 книг.



Издательство «ТЕХНОСФЕРА» совместно с Департаментом РЭП Минпромторга РФ приглашает руководителей и специалистов предприятий радиоэлектронной промышленности к участию в издании серии «Мир радиоэлектроники».



Если у Вас есть желание издать свою книгу или принять участие в научном редактировании переводного издания, направляйте Ваши предложения по адресу redsovet_knigi@electronics.ru

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: +7 495 956-33-46
E-mail: knigi@technosphere.ru
sales@technosphere.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphere.ru