

ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА – 2020.

ЧАСТЬ 1. МИРОВАЯ ПАНДЕМИЯ COVID-19 – ФОРС-МАЖОР ДЛЯ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ, НО НЕ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

ДМИТРИЙ БОДНАРЬ, к. т. н., генеральный директор, АО «Синтез Микроэлектроника»

Мировая пандемия COVID-19 оказалась форс-мажором и нокдауном для экономики всех стран, обрушив промышленное производство в первой половине 2020 г. Но, в отличие от мировой экономики, полупроводниковая промышленность быстро оправилась от неожиданного удара и покажет рост по итогам не только текущего, но и, по оптимистичным прогнозам, 2021–2022 гг. Однако не для всех стран и крупных компаний ожидаются благоприятные прогнозы в микроэлектронике.

РЫНОК МИРОВОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ УПАЛ, НО ОТЖАЛСЯ

За последние 12 лет, с момента кризиса 2008 г., для мировой экономики самым сложным оказался 2020-й. В конце 2019 г., несмотря на прогнозы по началу нового экономического кризиса, ничего не предвещало столь резкого ухудшения ситуации в мировой экономике. Виною тому стала неожиданная пандемия COVID-19, очень быстро охватившая практически все страны, унесшая жизни более миллиона человек и парализовавшая мировую экономику в первой половине года. Как и в 2019 г., дополнительным фактором форс-мажора стал президент США Дональд Трамп, продолживший санкционную политику в отношении китайского промышленного флагмана – компании Huawei и электронной промышленности Китая. В результате мировая экономика получила толчок к суверенизации и регионализации национальных экономик, начавшихся с США, перешедших на Китай и на остальные страны и в очередной раз поставивших вопрос о конце мировой глобализации в экономике [1, 2]. Мировая электронная про-

мышленность также не избежала провалов и отрицательных прогнозов в первом полугодии, сменившихся определенным оптимизмом во второй половине года. По данным американской ассоциации полупроводниковой промышленности SIA, в I кв. 2020 г. продажи в мировой полупроводниковой отрасли составили 104,6 млрд долл. и снизились на 3,6% по сравнению с IV кв. 2019 г., но показали рост на 6,9% от I кв. 2019 г. [3]. Во II кв. 2020 г., по данным этой же ассоциации, мировые продажи упали до 103,6 млрд долл., или на 0,9% в сравнении с I кв. 2020 г. [4]. В III кв. мировой рынок вырос до 113,6 млрд долл., или на 11% от II кв. 2020 г. и на 5,8% в сравнении с III кв. 2019 г. [5]. Ассоциация WSTS оптимистично оценивает прогноз продаж мировых полупроводников в 2020 и 2021 гг. Согласно их данным, мировой полупроводниковый рынок вырастет до 425,966 млрд долл., или на 3,3% в 2020 г. и ускорится на 6,2%, до 452,252 млрд долл. в 2021 г. (см. табл. 1) [6]. С наибольшим оптимизмом WSTS оценивает рост рынка в США (на 12,8%) и в продажах микросхем памяти (на 15,0%). Однако необходимо учитывать, что рынок микро-

Таблица 1. Прогноз мирового полупроводникового рынка в 2020–2021 гг. от ассоциации WSTS

Регион, продукция	Сумма, млрд долл.			Рост за год в процентах		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Америка	78,619	88,694	94,598	-23,7	12,8	6,7
Европа	39,816	38,174	40,381	-7,3	-4,1	5,8
Япония	35,993	34,400	35,547	-9,9	-4,4	3,3
Азиатско-Тихоокеанский регион	257,879	264,697	281,725	-8,8	2,6	6,4
Итого в мире, \$млрд	412,307	425,966	452,252	-12,0	3,3	6,2
Дискретные п/п приборы	23,881	22,309	23,576	-0,9	-6,6	5,7
Оптоэлектроника	41,561	39,441	41,850	9,3	-5,1	6,1
Сенсоры	13,511	13,230	13,839	1,2	-2,1	4,6
Интегральные микросхемы	333,354	350,986	372,987	-15,2	5,3	6,3
Аналоговые	53,939	50,808	53,809	-8,2	-5,8	5,9
Микропроцессоры	66,440	68,151	69,129	-1,2	2,6	1,4
Логические	106,535	109,668	113,973	-2,5	2,9	3,9
Память	106,440	122,358	136,076	-32,6	15,0	11,2
Итого по всем изделиям, млрд долл.	412,307	425,966	452,252	-12,0	3,3	6,2

Примечание. Цифры в таблице округлены до целых значений (в млрд долл.), что может приводить к небольшим несоответствиям в полях «Итого» по типам изделий и регионам.

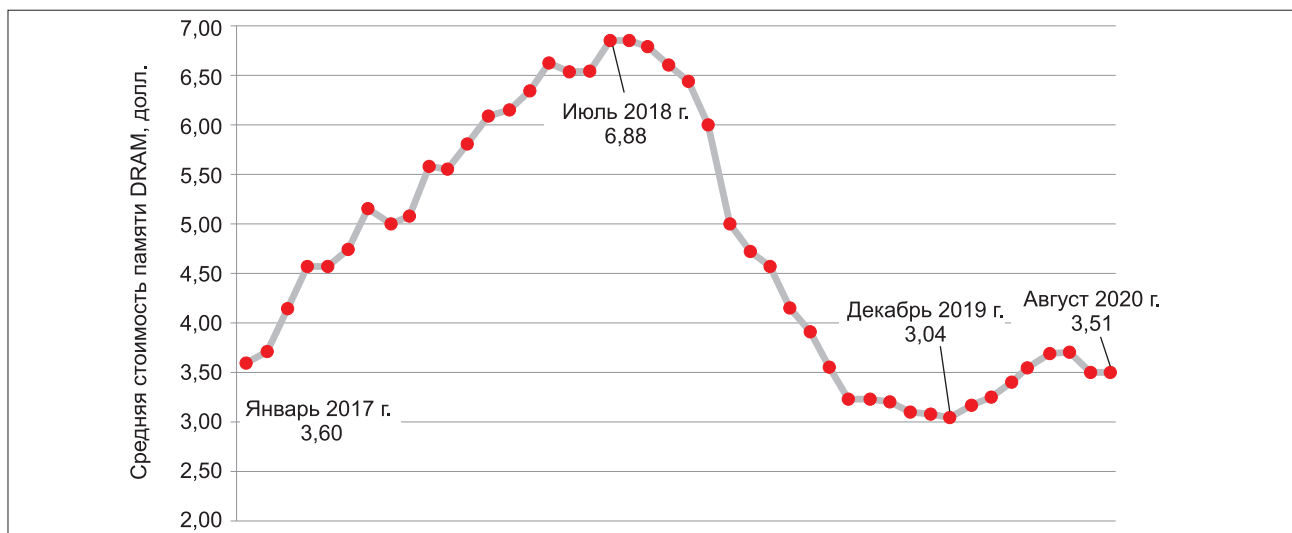


Рис. 1. Средняя цена памяти DRAM на мировом рынке в 2017–2020 гг.

схем памяти только восстанавливается после стремительно-го обвала на 32,6% в 2019 г. В то же время, согласно прогнозу WSTS, в Европе и Японии в 2020 г. будет падение рынка относительно 2019 г.

Изменение рынка и цен микросхем памяти оказывает большое влияние не только на бенефициаров этих продуктов, но и на всю индустрию. Именно благодаря их росту компания Samsung сместила Intel с первой строчки топ-10 мировых полупроводниковых компаний в 2018 г., но затем после падения рынка памяти снова уступила ее Intel. Цены микросхем памяти подвержены циклическим изменениям каждые три года и в настоящее время, по данным IC Insights, только отталкиваются от нижней ценовой траектории (см. рис. 1) [7]. Мировая пандемия привела к росту потребности в микросхемах памяти из-за перехода на дистанционный сервис и спросу на серверы обработки данных и компьютерные системы, что увеличило средние цены памяти. По прогнозу IC Insights, к концу года следует ожидать дальнейшего роста потребности и цен микросхем памяти. Этому способствует сезонный выпуск новых моделей смартфонов, а в текущем году появятся и модели с 5G. Однако из-за пандемии COVID-19 и осторожности покупателей в расходах рост спроса

на смартфоны не будет таким большим, как обычно. Росту потребности в памяти будет также способствовать ожидающийся в конце года выход на рынок новых игровых приставок от Sony и Microsoft. Однако имеются и факторы неопределенности, которые могут отрицательно повлиять на рынок микросхем памяти, в частности, санкции США к Huawei. Один из представителей большой тройки производителей памяти (Samsung, SK Hynix, Micron) американская Micron ежеквартально поставляла Huawei продукции на 500 млн долл. Многие будут зависеть от того, разрешит ли правительство США компании Micron поставку Huawei и выдаст ли экспортную лицензию, как это было сделано для отдельных видов продукции Intel и AMD. Кроме того, следует иметь в виду, что в ожидании санкционных ограничений Huawei интенсивно закупала электронную комплектацию на мировом рынке и создала ее полугодовой запас [8]. Однако не все продукты и сектора мирового полупроводникового рынка покажут рост продаж по итогам 2020 г. IC Insights прогнозирует, что совокупные продажи оптоэлектроники, датчиков и дискретных полупроводников из-за COVID-19 упадут на 4,4% до 82,3 млрд долл. (см. рис. 2) [9]. Но после восстановления мирового рынка во втором полугодии 2020-го этот

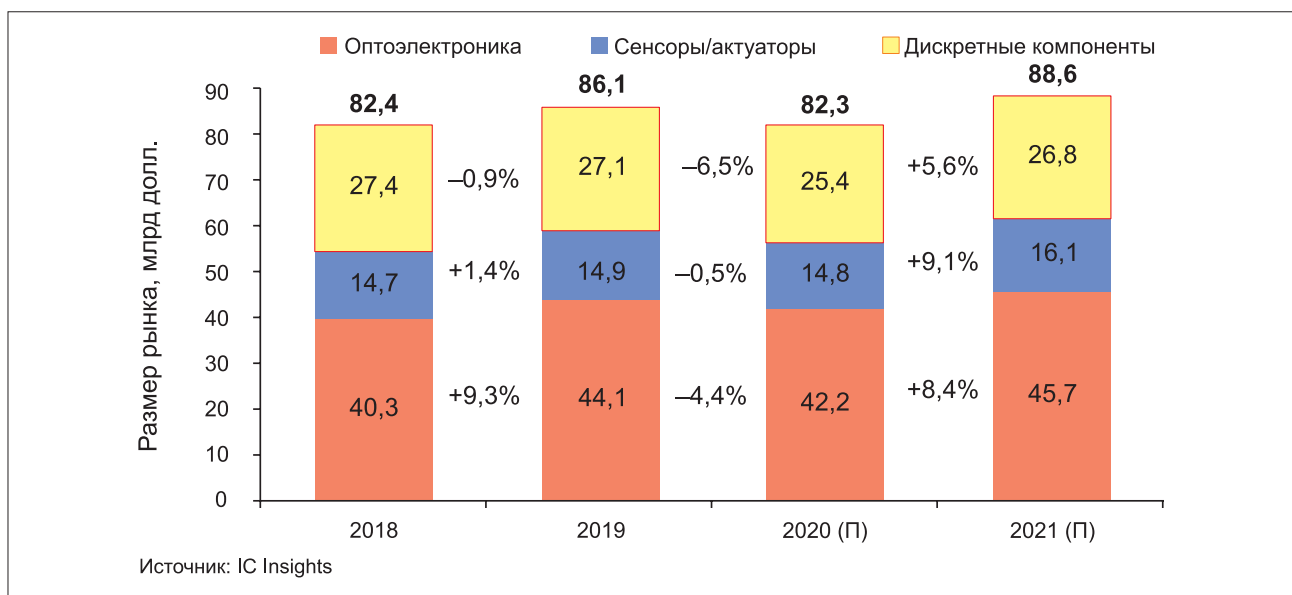


Рис. 2. Прогноз мирового рынка продаж в секторах оптоэлектроники, датчиков, дискретных полупроводников в 2020–2021 гг. от компании IC Insights

Таблица 2. Прогноз рынка мировой потребности в кремниевых пластинах в 2020–2023 гг.

	Фактические данные		Прогноз			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Млн кв. дюймов	12,541	11,677	11,957	12,554	13,220	13,761
Ежегодный рост	8,0%	-6,9%	2,4%	5,0%	5,3%	4,1%

Примечание. Общий объем порезанных единиц в электронике не включает необработанные пластины. Поставки включают только полупроводниковую отрасль и не учитывают область солнечных элементов.

Источник: SEMI (www.semi.org), сентябрь 2020 г.

показатель был скорректирован в лучшую сторону в сравнении с отчетом, выпущенным в апреле, когда по итогам года ожидалось падение на 6,1% [10]. В последний раз продажи в этих трех секторах падали в 2009 г., когда выручка сократилась на 10,0% из-за мирового экономического кризиса 2008 г. Но уже в 2021 г. в этих трех секторах ожидается рост на 7,7%.

Тайваньский исследовательский институт Market Intelligence & Consulting Institute (MIC) прогнозирует, что мировой рынок полупроводников в 2020 г. вырастет на 5% до 431,7 млрд долл. против 412,3 млрд долл. в 2019 г. [11]. По мнению специалистов MIC, позитивную динамику в отрасли обеспечит коммерческое внедрение мобильной связи 5G и спрос на оборудование для высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing, HPC), который усилился на фоне пандемии COVID-19. Вместе с тем предполагается, что во второй половине 2020 г. на глобальном полупроводниковом рынке ожидается замедление из-за существенного сокращения потребительского спроса и достаточно высокого уровня складских запасов продукции, хотя снижение будет непродолжительным. Если к концу 2020 г. пандемию COVID-19 удастся взять под контроль, то в 2021 г. темпы роста восстановятся. Согласно прогнозам MIC, мировые продажи полупроводников в следующем году вырастут более чем на 10% и превысят 475 млрд долл. Руководство тайваньской компании TSMC также прогнозирует рост мировой отрасли на 4–6% в 2020 г., а сектору контрактного фаундри-производства чипов, мировым лидером которого они являются, предсказывают 20-% рост в текущем году [12]. Специалисты мировой полупроводниковой ассоциации SEMI также с оптимизмом оценивают перспективы мирового спроса на кремниевые пластины. Согласно их прогнозу, в 2020 г. спрос на пластины вырастет на 2,4%, в 2021 г. – на 5%, а в 2022-м – на 5,3% (см. табл. 2) [13].

Не столь оптимистичными выглядят прогнозы по всей мировой экономике. По прогнозу МВФ на октябрь 2020 г., мировой объем производства в 2020 г. снизится на 4,4%, при этом в странах с развитой экономикой он упадет на 5,8%, а в странах с формирующимся рынком и развивающихся странах, к которым относят и Россию, снизится на 3,3% [14]. В первой группе стран наибольшее падение в 2020 г. ожидается в Испании (-12,8%), Италии (-10,6%), Великобритании (-9,8%). Во второй группе стран лидерами падения будут Индия (-10,3%), Мексика (-9,0%), Латинская Америка (-8,1%). В России ожидается снижение на 4,1%. Единственной страной, в которой прогнозируется рост промышленного производства по итогам года, является Китай с показателем +1,1%. В 2021 г. МВФ ожидает рост мировой экономики на 5,2%, в развитых странах рост на 3,9%, а в развивающихся странах на 6% и лидерами роста станут Индия (+8,8%) и Китай (+8,2%). В России в 2021 г. прогнозируется рост на 2,8%. Однако многие экономисты полагают, что нужно трезво оценивать ситуацию и готовиться к затяжному кризису и разрушению установившихся мировых отношений, а восстановление мировой экономики начнется не ранее 2022 г. [15]. Но одно, в чем автор данной статьи уверен и многократно об этом писал: мировая полупровод-

никовая микроэлектроника будет восстанавливаться раньше мировой экономики, и темпы ее роста будут выше, так как она давно выступает барометром последней.

МИРОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КОМПАНИИ В 2020 году

TSMC. Все хотят TSMC. Все последние годы тайваньская компания является образцом технической и коммерческой деятельности, и не только в бизнесе производства пластин с чипами. Правильно выбранная и грамотно реализующаяся стратегия развития компании позволяет ей ежегодно расти с двухзначными темпами даже тогда, когда другие компании испытывают рыночные и системные кризисы, обусловленные мировыми проблемами. Так было и в 2019 г., когда практически станут из списка топ-15 снизились показатели продаж в среднем на 15% из-за начала мирового кризиса, а TSMC сохранила свои показатели продаж, хотя и испытывала трудности с исполнением заказов по 7-нм технологии [16].

В первом полугодии 2020-го, когда мировая полупроводниковая отрасль падала, продажи TSMC выросли на невероятные 40% в сравнении с удачным для нее первым полугодием 2019 г. Однако объективности ради следует отметить, что во многом они достигнуты благодаря резкому росту заказов китайской «дочки» Huawei – компании HiSilicon из-за объявленных с сентября 2020 г. американских санкционных ограничений на заказы Huawei (HiSilicon). В III кв. 2020 г. выручка TSMC составила 12 млрд долл., что на 21,6 и 14,7% соответственно выше показателей III кв. предыдущего и II кв. текущего года [17]. Доли заказов по 5-, 7- и 16-нм технологиям составили 8-, 35- и 18% соответственно. В IV кв. 2020 г. компания прогнозирует рост выручки между 12,4–12,7 млрд долл., что также связано с неопределенностью и ограничением по Huawei, ранее являвшимся вторым заказчиком TSMC после Apple. В июле рыночная капитализация TSMC достигла 313 млрд долл. и превысила идентичный показатель компаний Intel, Samsung, NVidia, что позволило ей стать самой дорогой полупроводниковой компанией мира. Стоимость акций TSMC достигла рекордных показателей – 66,4 долл. за акцию. Добиться таких впечатляющих и динамичных показателей компания смогла не только за счет больших инвестиций в новые технологии, но и благодаря их оперативному освоению и очень быстрому началу массового производства заказов по 7- и 5-нм технологиям. Еще в прошлом году автор данной статьи прогнозировал, что TSMC на некоторый период может стать монополистом по 3–5-нм технологиям, а большая технологическая четверка (Intel, TSMC, Samsung, GlobalFoundries), превратившаяся затем в двойку (TSMC, Samsung), не сможет устоять перед напором TSMC [18]. Сейчас тайваньский гигант является мировым технологическим лидером, по каждому новому техпроцессу опережающим ближайшего конкурента Samsung на 6–12 месяцев. Именно это позволяет ей первой получать заказы по производству чипов новых современных сложных микросхем по 14–7–5-нм техпроцессам. Бывшая когда-то мировым технологическим лидером компания Intel окончательно

запуталась и не может стабильно освоить даже 10-нм техпроцесс, а 7-нм технология у нее может появиться не ранее 2022 г. Полупроводниковые компании США вследствие этого стали терять технологическое лидерство, и все заказы по передовым технологиям Apple, AMD и другие компании вынуждены размещать в TSMC. Это не могло устроить американскую администрацию, которая добилась от TSMC обязательства (а точнее, сделала предложение, от которого нельзя отказаться) по строительству в США нового завода по 7-нм технологии, с его последующим переводом на 5-нм техпроцесс. Власти Японии, вдохновленные такой инициативой США, по сообщению агентства Bloomberg, также решили сделать TSMC предложение (от которого те могут отказаться) по строительству на территории Японии фабрики по контрактному производству чипов по самым современным технологиям и готовы выделить для этого миллиарды долларов [19]. Власти КНР, обеспокоенные санкциями США и вынужденным отказом TSMC от заказов Huawei, пытаются искать выход. Два возможных варианта также касались TSMC. Одним из них (очень рискованным для Китая) предусматривалась национализация предприятий TSMC в КНР, а вторым – строительство тайваньской компанией нового современного завода в КНР [20]. Но в текущих условиях отношений КНР и США и при сохранении американских санкций ни один из этих вариантов не может быть реализован. Национализация предприятий TSMC в КНР означает переход противостояния в открытую войну, на что правительство КНР сейчас не пойдет, а строительство нового завода по современным технологиям невозможно, поскольку требует лицензирования США на элементы технологии и используемое американское и европейское оборудование, в котором применяются американские разработки и комплектующие. С последним уже столкнулась TSMC, из-за чего она была вынуждена отказать Huawei в производстве микросхем по самым передовым технологиям.

В настоящее время TSMC выпускает продукцию по первому поколению 5-нм технологии, но уже готовит к массовому производству в 2021 г. вторую ее генерацию – N5P, позволя-

ющую повысить быстродействие микросхем на 5% и снизить энергопотребление на 10%. Опытное производство по техпроцессу 3 нм начнется в 2021 г., а в серию он будет запущен во второй половине 2022 г. [21]. В сравнении с 5-нм процессом, это позволит повысить быстродействие на 10–15% или снизить энергопотребление на 25–30%, а плотность компоновки транзисторов увеличить в 1,7 раза. В 2022 г. также запланировано массовое внедрение промежуточной 4-нм технологии. Все процессы до 3 нм используют проверенную FinFET-структуру транзисторов, но уже в 2-нм технологии предусматривается переход на новую структуру Gate-All-Around (GAA). TSMC уже приступила к строительству производственного комплекса для 2-нм технологии, который будет располагаться недалеко от штаб-квартиры TSMC в Синьчжу на Тайване [22].

Руководство TSMC пытается расширить области технических и производственных компетенций компании, не ограничиваясь только контрактным производством пластин. Тайваньский гигант все больше погружается в современные технологии сборки сложных микросхем. И тому есть вполне разумное обоснование. Современные процессы 2,5D- и 3D-сборки все больше используют технологические блоки и элементы технологии производства микросхем, включающие нанесение металлизующих RDL-слоев, шариковых соединений, TSV-Interposer на кремниевых пластинах с многоуровневыми межсоединениями и ультратонкой шлифовкой пластин.

В 2020 г. TSMC сообщила о разработке совместно с компанией Broadcom второго поколения сборочной технологии Chip-on-Wafer-on-Substrate (CoWoS), представляющей собой 2,5D-процесс многокристальной сборки с использованием сквозных металлизированных соединений TSV (Through Silicon Via) с чипами микросхем на промежуточной плате в виде TSV-Interposer (см. рис. 3) [23]. Новая технология позволяет увеличить размер платы TSV-Interposer с 800 до 1700 мм² и разместить на ней систему-на-кристалле по 7- или 5-нм технологии и шесть слоев чипов памяти HBM DRAM объемом до 96 Гбайт и пропускной способностью

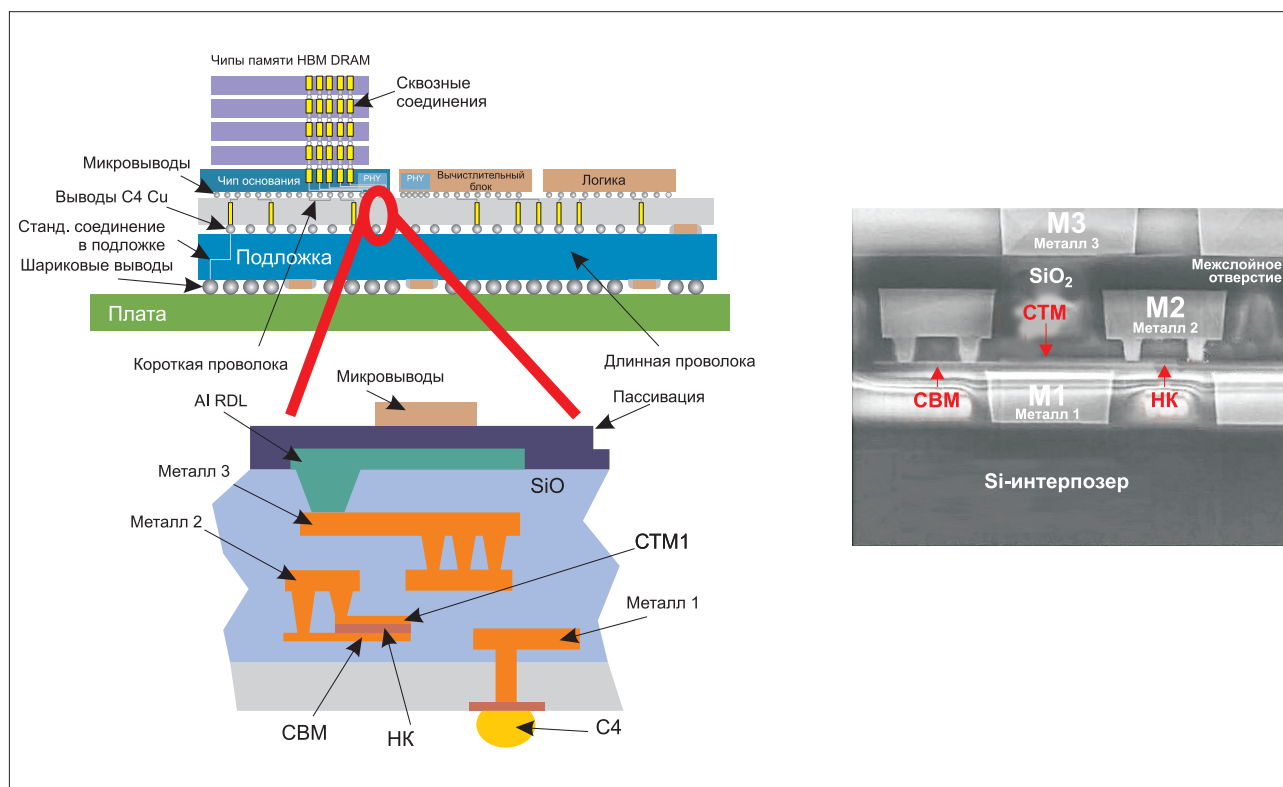


Рис. 3. Структура 2,5D-сборки Chip-on-Wafer-on-Substrate (CoWoS) компаний TSMC и Broadcom

2,7 Тбайт/с. Распределение функций в этом проекте предусматривало за Broadcom разработку конструкции и предоставление чипов, а за TSMC – разработку всей технологии и производство. Ожидается, что технология сборки CoWoS будет применяться для 5G, искусственного интеллекта, энергоэффективной обработки данных, машинного обучения.

Можно смело прогнозировать, что в ближайшие годы TSMC не остановится на достигнутом и продолжит прогрессировать как технологический лидер мировой полупроводниковой микроэлектроники. Именно поэтому в данной статье столько внимания уделено тайваньскому производителю.

Intel. Семь лет в поисках выхода из лабиринта неудач. Похоже, бывший лидер мировой полупроводниковой отрасли смирился с тем, что в ближайшие годы не сможет стать на одну технологическую ступеньку не только с TSMC, но и с южнокорейской Samsung. В продуктовой зоне микропроцессоров компания продолжает также проигрывать своему главному конкуренту AMD. С 2013 г. Intel срывает свои производственные планы по освоению продуктовой линейки вначале по 14-нм, а затем и по 10- и 7-нм процессам. До сих пор основной пакет продукции Intel выпускает по 14-нм технологии и никак не может полностью перейти даже на 10-нм процесс, в то время как AMD, не имеющая собственного производства чипов и пользующаяся услугами TSMC, готовится к переходу своих продуктов на 5 нм. Только в начале октября текущего года Intel запустила в Аризоне новую фабрику по 10-нм технологии второго и третьего поколения, которую строила целых 10 лет. На ней запланировано производство процессоров Ice Lake-U, Ice Lake-SP, Elkhart Lake и Snow Ridge, Tiger Lake-U и Tiger Lake-H. Продолжается неопределенность с технологией 7 нм, освоение которой в очередной раз сорвано, и летом 2020 г. руководство компании уже заявляло, что процессоров по этой технологии не следует ожидать ранее чем через 2–3 года, к 2023 г. Судя по развитию TSMC, к этому времени у нее уже будет как минимум 3-нм технология. А значит, и у AMD – главного процессорного конкурента Intel. Выручка компании в III кв. 2020 г. снизилась на 4% до 18,3 млрд долл. в сравнении с аналогичным периодом 2019 г., а чистая прибыль упала аж на 29% [24]. Такие результаты уже привели за последние полтора года к увольнению некоторых топ-менеджеров компании и неоднократному падению акций Intel, последнее из которых произошло на 9,4% чуть более месяца назад после опубликования итогового финансового отчета за III кв. 2020 г. [25]. Инвесторы не верят в компанию, поскольку уже около семи лет Intel испытывает кризис, выход из которого не просматривается. В таких условиях Intel, которая ранее ориентировалась на продажи на открытом рынке, стала проявлять все большую активность в привлечении средств от правительства США и Пентагона. Компания была одним из лоббистов закона «Чипы для Америки» и госпрограмм поддержки американской полупроводниковой отрасли, рассчитывая на государственное финансирование по технологии 7 нм. Она также заключила соглашение с военно-морским флотом США, предусматривающее ее участие в проекте State-of-the-Art Heterogeneous Integration Prototype (SHIP) по созданию высокосложных, многочиповых микросхем в одном корпусе (система-в-корпусе), а сам продукт должен будет соответствовать международным требованиям торговли оружием (ITAR) [26]. Если все эти попытки привлечения дополнительных источников дохода не будут сопровождаться эффективным решением главных проблем компании по ускорению и освоению самых передовых и инновационных технологий и изделий, то автор статьи рискнет предположить кажущуюся сейчас невероятной

и крамольной возможность реструктуризации и дробления компании с выделением из нее производства чипов и некоторых других направлений. Такие примеры в рыночной экономике нередко происходят, хотя их сложно перенести на Intel. Но в свое время это было невозможно представить и с компанией Motorola, а действительность оказалась более жестокой. Тем более что Intel уже начала процесс продажи некоторых активов. В октябре SK Hynix сообщила, что покупает у Intel за 9 млрд долл. бизнес памяти NAND, включающий фабрику производства чипов в китайском Даляне [27]. Окончательный расчет между компаниями с полным переходом китайской фабрики под контроль SK Hynix произойдет в 2025 г. Южнокорейская компания сейчас является одним из мировых лидеров на рынке оперативной памяти, и приобретение активов Intel позволит ей утроить продажи памяти NAND и усилить свои позиции на растущем серверном рынке [28].

AMD. Фаблесс-компания начинают и выигрывают.

Эта компания, как и TSMC, в течение последних пяти лет выбрала и реализовала правильную стратегию развития. По крайней мере так это выглядит на настоящий момент. До 2008 г. AMD являлась формальным процессорным конкурентом Intel и номером два на этом рынке после Intel. Обе компании имели собственные фабрики производства чипов, но AMD проигрывала Intel на всех направлениях. В 2008 г. AMD выделила производство пластин с чипами в отдельное независимое предприятие GlobalFoundries (GF), но сохранила с GF стратегические отношения с определенными обязательствами с каждой стороны. GF постоянно отставала в освоении новых технологий, что завершилось в 2018 г. взаимным отказом от обязательств между компаниями. Ранее AMD сделала ставку в производстве чипов на TSMC и начала усиленно ее реализовывать [29]. Именно это решение оказалось наиболее стратегически верным, позволившим AMD, в отличие от Intel, не тратить громадные инвестиции на новые технологии и фабрики производства чипов, а использовать достижения контрактного производителя пластин. В 2020 г. выручка компании в I, II, III кв. составила 1,786, 1,932 и 2,801 млрд долл. соответственно [30–32]. За прошедшие три квартала текущего года AMD практически достигла показателей выручки всего 2019 г. В начале октября текущего года AMD анонсировала новую линейку процессоров Ryzen 5000 с новой архитектурой Zen 3 по 7-нм процессу TSMC, которая в 2021 г. будет трансформирована в Zen 4 по 5-нм технологии.

В октябре появились сообщения, что за 35 млрд долл. AMD покупает крупнейшего производителя микросхем программируемой логики ПЛИС – американскую компанию Xilinx, контролирующую 51% мирового рынка этих микросхем. Вторую позицию на мировом рынке с долей 34% как раз занимает Intel за счет ПЛИС компании Altera, приобретенной Intel в 2015 г. Отвоевав у Intel значительную долю рынка в процессорах для персональных компьютеров, покупкой Xilinx AMD рассчитывает потеснить ее и на рынке программируемой логики для серверов и центров обработки данных, где сейчас у Intel перед AMD неоспоримое преимущество. Таким образом, AMD пытается повторить действия Intel с покупкой Altera, хотя это решение Intel не признано стратегически удачным. Однако отличие состоит в том, что AMD и Xilinx относятся к фаблесс-компаниям и обе пользуются услугами TSMC. Время покажет, является ли это решение стратегически верным, выиграют ли от этого обе компании и удастся ли отобрать часть рынка у слабеющей Intel. К тому же, для AMD с ее общей капитализацией в 96,54 млрд долл. стоимость Xilinx кажется непропорционально высокой, а выручка у компаний за 2019 г. не так сильно отличалась и составила 6,73 и 3,16 млрд долл.

соответственно [33–34]. Завершение сделки планируется до конца 2021 г. после одобрения ее регуляторами и акционерами, а до ее завершения компании будут работать раздельно.

Samsung. В погоне за TSMC и Intel. Структура бизнеса южнокорейского электронного гиганта не похожа ни на одну из вышеперечисленных компаний, хотя все-таки ближе к Intel. Обе компании имеют собственные производства чипов и широкий перечень выпускаемых корпусированных электронных компонентов, хотя у Samsung он шире. Но на этом сходства кончаются. Samsung создавалась по образцам японских дзайбацу как семейный многопрофильный чеболль. Компания до сих пор сохранила свою промышленную структуру, хотя весь мир и даже японцы стали переходить к более узкой и глубокой профессиональной специализации компаний, показавшей более высокую эффективность.

2020 г. оказался для южнокорейской компании сложным и противоречивым. В полупроводниковом бизнесе Samsung всегда большую роль играл выпуск микросхем памяти, на которые приходилась основная доля ее продаж в этом секторе. Ее финансовые показатели взлетали вверх при росте мирового рынка памяти, но также резко снижались, когда рынок падал. Именно это наблюдалось в последние три года, когда Samsung за счет роста спроса на память в 2018 г. даже потеснила Intel с первой строчки мировых полупроводниковых компаний, а затем очень быстро ее уступила, когда рынок памяти упал. В первом полугодии 2020 г. мировой рынок памяти стагнировал и только начал оживать, а пандемия COVID-19 снизила покупательскую активность в потребительской электронике и продажах смартфонов, которые в сумме составляют более половины в продажах корпорации. По итогам I кв. 2020 г. общая выручка упала до 55,39 трлн KRW (южнокорейская вона), снизившись на 8% от предыдущего квартала и на 6% от года к году, а операционная прибыль снизилась до 6,45 трлн KRW [35]. II кв. оказался еще хуже: продажи упали до 52,97 трлн KRW почти во всех секторах, включая потребительский, ИТ и мобильные коммуникации. Исключением стал сектор полупроводников и памяти, подросший на 3% [36]. Но III кв. оказался рекордным с 2018 г., и выручка достигла 66,96 трлн KRW, а операционная прибыль поднялась до 12,35 трлн KRW, показав рост 52% кв./кв. [37]. Рост произошел во всех секторах за счет открытия экономик всех мировых стран и роста потребительского спроса. Почти на 50% увеличились продажи смартфонов, чему способствовали проблемы и падение продаж смартфонов Huawei. Но в IV кв. компания ожидает снижения прибыли на фоне уменьшения спроса на микросхемы памяти и усиления конкуренции в области мобильных телефонов и потребительской электроники. В данном финансовом отчете Samsung нет никакой конкретной информации о состоянии освоения компанией новой 5-нм технологии, а только констатируется, что начаты поставки 5-нм мобильных изделий. С мая 2020 г. Samsung практически не дает сведений по этому вопросу. В мае было сообщено о начале строительства за 8,1 млрд долл. в Южной Корее новой фабрики по 5-нм EUV-процессу с планируемым ее запуском во второй половине 2021 г. [38]. Особо отмечалось, что эта фабрика начнет работу раньше, чем строящаяся TSMC фабрика в США. Samsung отчетливо понимает, что быстрое освоение и коммерциализация 5- и 3-нм технологий и 2,5D- и 3D-сборки позволит получить помимо микросхем памяти еще один мощный источник продаж в полупроводниковом секторе. Тогда Samsung сможет окончательно и еще до прогнозируемого 2030 г. потеснить слабеющую Intel с первой строчки по мировым продажам

полупроводников и не отпустить далеко TSMC в технологической гонке.

Санкционная война, которую начало правительство США, может оказаться в некоторой мере полезной для Samsung. Мировые производители электроники начинают с опаской относиться к применению комплектации из США, опасаясь в будущем возможных санкционных ограничений, как в истории с Huawei. Поэтому производители мобильных гаджетов Xiaomi, Vivo, Oppo начали применять в своих смартфонах мобильные процессоры серии Exynos компании Samsung вместо процессоров американской Qualcomm [39]. Сам южнокорейский производитель в своей продукции уже давно использует Exynos. И хотя по результатам некоторых испытаний они уступают процессорам мирового лидера мобильных приложений Qualcomm, который сам размещает производство этих чипов у Samsung, но у корейцев перед американцами есть весомые преимущества по самостоятельности и независимости. Кроме того, Samsung уже проводит переход Exynos с текущего 7-нм процесса на перспективный 5-нм. Наличие собственного дизайна мобильных процессоров с возможностью его производства у себя по новым технологиям дает преимущества Samsung перед Qualcomm, TSMC, Huawei и Apple, особенно учитывая, что заказы на них составляют основную долю производственной программы по 7- и 5-нм технологии.

Китайская полупроводниковая промышленность.

Удар по китайской полупроводниковой микроэлектронике был нанесен еще в 2018 г., когда президент США Дональд Трамп ввел ограничения и санкции в отношении китайских электронных компаний и особенно Huawei. Автор статьи уже неоднократно рассматривал и анализировал эту тему [40]. Китайская электронная промышленность, в отличие от российской, очень глубоко интегрирована в мировую экономику не только за счет высокой доли экспорта своей продукции в зарубежные страны, но и из-за использования передовых мировых технологий во всех сферах hi-tech. Это позволило быстрорастущим китайским компаниям не только использовать в своей продукции самые современные мировые достижения, но и выйти в число мировых лидеров технических направлений – например, как Huawei в сфере коммуникаций и оборудования 5G, Xiaomi в секторе мобильной и потребительской электроники, Alibaba в интернет-коммерции. Санкции США, несмотря на первоначальные бравурные (о незначительности их влияния на китайцев) и оптимистичные заявления чиновников и руководителей компаний KНР, оказались крайне болезненными для китайской промышленности. И этим ситуация очень напоминает то, что происходит с санкциями в отношении России, когда наши чиновники наперебой рассказывают о полезности для нашей промышленности международных санкций, а затем приводят их в качестве одной из главных причин падения отечественной экономики. Китай полностью проиграл первый этап санкционной истории, когда был вынужден пойти на подписание соглашения с США и увеличение закупок американских товаров для изменения внешнеторгового сальдо США–Китай. Но, тем не менее, Дональд Трамп стал усиливать санкционную политику и на другие направления электронной промышленности. Самым болезненным среди них стали требования к американским и зарубежным компаниям по лицензированию поставок китайским компаниям продукции, в производстве которых использованы американские разработки, материалы и оборудование [41]. А поскольку в производстве современных полупроводников по технологиям 45 нм и менее везде присутствуют американские товары, это означает, что ограничения коснутся не только приборостроительных, но и многих передовых полупроводниковых компаний Китая. Кроме Huawei под ударом санкций оказался технологический полупрово-

дниковый лидер Китая – государственная компания SMIC, занимающая четвертую строчку в топ-10 мировых контрактных фаундри-производителей чипов [42]. SMIC располагает технологиями 28, 40, 45 нм, а по ее сообщениям, с IV кв. 2020 г. освоила массовое производство по 14-нм процессу, основным клиентом по которому является Huawei. Но это не самый совершенный из поколений 14-нм процессов. Для его развития и разработки 7-нм технологии SMIC пыталась купить у европейской компании ASML EUV-степпер, но еще в 2018 г. его поставку заблокировали американцы. Таким образом, если ситуация с санкциями не изменится, то путь к развитию технологий менее 14 нм у SMIC закрыт, поскольку все они используют разработки, оборудование, материалы США и без них ни одна мировая компания не сможет ничего поставлять китайцам. Даже победа Байдена на выборах президента США радикально не изменит ситуацию, поскольку у многих конгрессменов и сенаторов из республиканской и демократической партии в США есть консенсус в необходимости ограничения Китая. Вызвало удивление сообщение о том, что для решения санкционных проблем Huawei собралась построить собственную фабрику производства чипов по технологии 45 нм с использованием только китайского оборудования [43]. В Китае сейчас выпускаются литографические степперы на 90 нм. Китайцы в состоянии их разработать для 45 нм, но в ближайшие годы, не раньше. Вследствие этого утопическими выглядят планы Huawei начать к концу 2021 г. выпуск продукции по 28-нм нормам, а к концу 2022 г. – по 20-нм. Дело в том, что возможность производства заказов Huawei по технологии 45 нм имеется и сейчас в условиях санкций не только у TSMC (запрет США относится к техпроцессам 28 нм и менее), но и у той же SMIC, начинающей ощущать проблемы падения внешних заказов из-за санкций. По сообщениям информационных агентств, в настоящее время SMIC испытывает трудности в связи с отзывом у нее заказов зарубежных клиентов, опасаящихся санкций США и переносащих их в Тайвань [44]. Наиболее болезненным для SMIC может оказаться уход таких клиентов как Qualcomm и Broadcom. Дополнительной проблемой для SMIC являются сложности при модернизации и расширении производства по технологиям 28 нм и менее, требующих закупок оборудования и материалов и подпадающих под санкции. По технологии 45 нм и более таких проблем быть не должно. Так что решение Huawei носит больше политический, а не экономический характер и не обусловлено текущей необходимостью. Даже если американские санкции будут расширены, уже ничто не может помешать работе 45-нм линии в SMIC. В любом случае, если санкции к Huawei не будут ослаблены или отменены, то это будет означать ее медленное увядание. Это уже отразилось на падении бизнеса смартфонов из-за невозможности использования самых передовых микросхем по 7- и 5-нм технологии от TSMC, в результате чего руководство Huawei допустило возможность прекращения их выпуска. А затем это начнет отражаться и на остальном коммуникационном бизнесе, включая 5G, отрезанном от передовых комплекствующих.

Китайскому правительству приходится искать выход из трудного положения, в котором оказалась электронная промышленность страны. Понимая те сложности, которые ожидают китайскую полупроводниковую промышленность, власти КНР намереваются предоставить отрасли гигантскую финансовую поддержку в следующие пять лет. Ее размер до 2025 г. составит 1,4 трлн долл. [45]. В связи с этим заявление премьер-министра России о выделении всей микроэлектронике России (а не только полупроводниковой), по его словам, «огромной» суммы в 100 млрд руб. (чуть более 1 млрд долл., т.е. в 1400 раз меньше) вызывает горькую улыбку [46]. Очевидно,

что фискальная налоговая привычка отбирать деньги не формирует возможность адекватно оценивать отдачу в способности их зарабатывать и эффективно осваивать.

Однако аналитики авторитетного агентства IC Insights сомневаются, что даже большие финансовые инвестиции позволят Китаю реализовать поставленную амбициозную цель по созданию самодостаточной полупроводниковой отрасли в рамках национальной программы "Made in China 2025" [47]. Китайские компании заметно отстают по своим масштабам и уровню технологий от зарубежных конкурентов. С учетом возрастающих ограничений по закупке современного оборудования для производства полупроводников, возникающие у полупроводниковых предприятий КНР, Поднебесной практически невозможно выйти на самостоятельное обеспечение своих потребностей в интегральных схемах (включая чипы памяти и другие виды ИС) не только в ближайшие пять лет, но даже в следующее десятилетие. Специалисты приводят подробную аргументацию своим утверждениям. По оценкам аналитиков IC Insights, в 2019 г. объем китайского рынка ИС составил 124,6 млрд долл. С 2005 г. Китай удерживает звание крупнейшего в мире потребителя интегральных схем. Однако большие объемы продаж ИС в Китае не означают, что страна вносит равнозначный вклад в производство полупроводниковой продукции. Так, в 2019 г. в КНР были произведены ИС на общую сумму 19,5 млрд долл., что составляет 15,7% от объема продаж ИС в стране и 5,4% от совокупного оборота на глобальном рынке ИС. Из указанной суммы на китайские компании, включая IDM-производителей и представителей фаундри-сектора, например SMIC, пришлось менее 40% продукции – в деньгах вклад составил лишь 7,6 млрд долл. Таким образом, китайские компании обеспечили лишь 6,1% от суммарного оборота на рынке ИС КНР, или 2,1% от глобального показателя. Остальной вклад внесли TSMC, SK Hynix, Samsung, Intel и другие зарубежные компании, у которых в Поднебесной расположены производственные мощности. В IC Insights прогнозируют, что к 2024 г. доля произведенных в Китае микросхем на рынке КНР увеличится на 5%, достигнув 20,7%, или 43 млрд долл. в денежном выражении. Если оценка окажется верной, эта сумма составит лишь 8,5% от совокупной выручки на мировом рынке ИС, которая к тому времени ожидается на уровне 507,5 млрд долл. Даже с учетом существенного роста продаж ИС у некоторых китайских фаундри-компаний, вклад китайских производителей в мировой объем производства ИС составит только около 10%, утверждают аналитики. В IC Insights полагают, что в 2024 г. не менее 50% всех микросхем, производимых в КНР, будет выпускаться иностранными компаниями, такими как SK Hynix, Samsung, Intel, TSMC, UMC и Powerchip, у которых есть свои фабрики в стране.

Одно можно констатировать уверенно: если санкционная политика США по Китаю и отношения двух стран сохранятся на текущем уровне или ухудшатся, то китайскую электронную промышленность ждут нелегкие времена. И не факт, что победа Байдена на выборах президента США это сильно изменит.

ВЫВОДЫ

1. Мировая пандемия COVID-19 оказала крайне отрицательное воздействие на мировую экономику в 2020 г. и привела к падению промышленного производства ниже уровня 2019 г. во всех мировых странах за исключением Китая. Падение мировой экономики оказалось худшим за последние 12 лет с момента мирового экономического кризиса 2008 г.
2. По прогнозу экспертов, восстановление мировой экономики может начаться не ранее 2021 г., а наиболее вероятно в 2022 г.

3. Мировая полупроводниковая микроэлектроника демонстрирует гораздо более оптимистичный сценарий восстановления после падения в первом полугодии 2020 г. и покажет рост по итогам 2020 г. Прогнозы на 2021 и 2022 гг. оптимистичные и положительные.
4. Мировая пандемия привела к ускорению цифровой трансформации в мире, росту запросов на дистанционный сервис во всех отраслях экономики, необходимости увеличения объемов передаваемой информации и ускорения развития систем 5G, основным бенефициаром которых является мировая электронная промышленность.
5. Положительные примеры развития компаний TSMC и AMD в 2018–2020 гг. показывают, что правильно выбранная и реализуемая стратегия развития компании, даже не требующая больших инвестиций (на примере AMD), является залогом роста компаний даже в условиях падения мировой экономики и микроэлектроники.
6. Компания TSMC продолжает оставаться мировым образцом эффективного инновационного инвестирования в новые перспективные технологии микроэлектроники, их быстрого промышленного освоения и коммерциализации.
7. Являющаяся многие годы лидером мировой полупроводниковой микроэлектроники компания Intel в течение последних семи лет испытывает большие системные и структурные проблемы, тормозящие ее развитие, выход из которых не просматривается. Если попытки Intel получить государственную поддержку правительства США и ускорить освоение передовых технологий не дадут результата, то не исключена кажущаяся сейчас невероятной реструктуризация компании с выделением из нее заводов производства чипов, как это ранее произошло с AMD.
8. Корпорация Samsung, обладающая в полупроводниковом секторе сильной монопродуктовой зависимостью от спроса на мировом рынке на микросхемы памяти, может стать в ближайшие годы устойчивым лидером мировой отрасли по продажам вместо Intel, если по примеру TSMC форсирует разработку и освоение новых 5- и 3-нм технологий, 2,5D- и 3D-сборки для производства современных сложных микросхем.
9. Расширяющиеся американские санкции являются очень болезненными для все большего количества передовых предприятий микроэлектроники КНР, т.к. лишают их возможности развития с использованием самых современных мировых технологий, материалов, комплектующих, оставляя им только функции производства более простых товаров. Это может привести к сильному падению их рыночных позиций в мире.
10. Перед правительством КНР стоит очень сложная задача найти решение санкционной проблемы, способной оказать значительное влияние на падение китайской экономики. Ожидание смены администрации США и ухода Дональда Трампа может оказаться недостаточным для этого из-за близкой точки зрения многих республиканцев и демократов по необходимости сдерживания Китая.
11. Эффективным использованием санкционной политики США в очередной раз показали, что являются супердержавой мира с наиболее прогрессивной инновационной экономикой и сильной валютой, способной экономическими ограничениями без вооруженных конфликтов и угроз ядерным оружием оказать разрушающее воздействие на экономику любой страны мира, даже такой большой и сильной как Китай.
12. Зарубежные эксперты, несмотря на гигантские инвестиции китайских властей в электронную промышленность страны, крайне скептически оценивают возможность достижения

самодостаточности полупроводниковой отрасли Китая даже в ближайшее десятилетие. ◀

ЛИТЕРАТУРА

1. Боднар Д. *Конец эпохи мирового глобализма? После пандемии уклад мировой экономики изменится. Часть 1//Электронные компоненты. 2020. № 7.*
2. Боднар Д. *Конец эпохи мирового глобализма? После пандемии уклад мировой экономики изменится. Часть 2//Электронные компоненты. 2020. № 8.*
3. *Global Semiconductor Sales Decrease 3.6 Percent in First Quarter of 2020. May 04, 2020//www.semiconductors.org.*
4. *Global Semiconductor Sales Increase 5.1 Percent Year-to-Year in June; Q2 Sales Down Slightly Compared to Q1. August 03, 2020//www.semiconductors.org.*
5. *Q3 Global Semiconductor Sales Increase 11 Percent Compared to Q2. October 30, 2020//www.semiconductors.org.*
6. *WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2020. San Jose. California. June 09, 2020//www.wsts.org.*
7. *DRAM Price Erosion Expected Through the End of 2020. IC Insights Report. October 27, 2020//www.icinsights.com.*
8. *Huawei Outhustles Trump by Hoarding Chips Vital for China 5G. Bloomberg. October 22, 2020//www.bloomberg.com.*
9. *Optoelectronics, Sensors/Actuators, Discretes Stabilize in Covid-19 Crisis. IC Insights. November 3, 2020//www.icinsights.com.*
10. *Global Semiconductor Capex Forecast to Drop 3% Again This Year. IC Insights. April 16, 2020//www.icinsights.comcast to Drop.*
11. *Global Semiconductor Market is Projected to Grow 10.1% Year-on-year in 2021 Owing to Surging Demand for HPC and 5G: MIC. October 19, 2020//www.mic.iii.org.tw.*
12. *TSMC expects 2020 revenue to rise 30%. DIGITIMES. October 15, 2020//www.digitimes.com.*
13. *Silicon Wafer Market Monitor. SEMI. October 9, 2020//www.semi.org.*
14. *Перспективы развития мировой экономики. Международный валютный фонд. Октябрь 2020 г.//www.imf.org.*
15. *Восстановление мировой экономики будет небыстрым и неровным. Ведомости. 13 мая 2020 г.//www.vedomosti.ru.*
16. *TSMC's Leading-Edge Fab Investments Set Stage for Sale Surge in 2H19. IC Insights. September 15, 2019//www.icinsights.com.*
17. *TSMC Reports Third Quarter EPS of NT\$5.30. October 15, 2020//www.tsmc.com.*
18. Боднар Д. *Полупроводниковая микроэлектроника – 2019 г. Мировая политика ставит барьеры мировой экономики. Часть 1//Электронные компоненты. 2019. № 12.*
19. *Japan Considers TSMC Tie-Up to Boost Chip Industry, Yomiuri Says. Bloomberg. July 19, 2020//www.bloomberg.com.*
20. *Taiwan could become the next flashpoint in the global tech war. CNN. August 1, 2020//www.cnn.com.*
21. *TSMC Details 3nm Process Technology: Full Node Scaling for 2H22 Volume Production. AdvandTech. August 24, 2020//www.advandtech.com.*
22. *TSMC начинает строить фабрики под 2-нм и 1-нм техпроцессы. Время электроники. 28.09.2020//www.russianelectronics.ru.*
23. *TSMC & Broadcom Develop 1,700 mm2 CoWoS Interposer: 2X Larger Than Reticles. AdvandTech. March 4, 2020//www.advandtech.com.*
24. *Intel Reports Third-Quarter 2020 Financial Results. Intel. October 22, 2020//www.intel.com.*
25. *Квартальный отчет обрушил акцию Intel на 9,4%. РБК. 23 октября 2020 г.//www.rbc.ru.*
26. *Intel Wins US Government Advanced Packaging Project. Intel. October 2, 2020//www.intel.com.*
27. *SK Hynix to Acquire Intel NAND Memory Business. Skhynix Newsroom. October 20, 2020//www.skhynix.com.*
28. *SK Hynix Aims to Triple NAND Sales to 15 Tril. Won in 5 Years. BusinessKorea. November 5, 2020//www.businesskorea.co.kr.*
29. Боднар Д. *GlobalFoundries. Закат или реновация топового мирового производителя чипов?//Электронные компоненты. 2019. № 10.*

30. AMD Reports First Quarter 2020 Financial Results. AMD. April 28, 2020//www.amd.com.
31. AMD Reports Second Quarter 2020 Financial Results. AMD. July 28, 2020. www.amd.com
32. AMD Reports Third Quarter 2020 Financial Results. AMD. October 27, 2020//www.amd.com.
33. AMD Reports Fourth Quarter and Annual 2019 Financial Results. AMD. January 28, 2020//www.amd.com.
34. Xilinx Reports Fiscal Fourth Quarter and Fiscal Year 2020 Results. Xilinx. April 22, 2020//www.xilinx.com.
35. Earnings Release Q1 2020. Samsung Electronics. April 2020//www.samsung.com.
36. Earnings Release Q2 2020. Samsung Electronics. July 2020//www.samsung.com.
37. Samsung Electronics Announces Third Quarter 2020 Results. Samsung Electronics. October 29, 2020//www.samsung.com.
38. Samsung expands foundry capacity with new production line. Evertiq. May 22, 2020//www.evertiq.com.
39. В мире смартфонов грядет революция – крупнейшие вендоры готовятся отказаться от американских чипов. CNews. 5 ноября 2020 г.//www.cnews.ru.
40. Боднарь Д. Устоим Huawei в торговой войне США и Китая? Выиграет ли от этого Россия?//Электронные компоненты. 2019. № 7.
41. Китай грозит разорить Apple, Qualcomm, Cisco и Boeing из-за санкций против Huawei. CNews. 18 мая 2020 г.//www.cnews.ru.
42. U. S. restricts tech exports to China's biggest semiconductor manufacturer in escalation of trade tensions. The Washington Post. September 26, 2020//www.washingtonpost.com.
43. Huawei строит собственное производство процессоров без американского оборудования и материалов. CNews. 13 августа 2020 г.//www.cnews.ru.
44. Qualcomm may shift orders from SMIC: Report. Gizmochina. September 21, 2020//www.gizmochina.com.
45. China to Plan Sweeping Support for Chip Sector to Counter Trump. Bloomberg. September 3, 2020//www.bloomberg.com.
46. Мишустин заявил, что цели развития российской электронной промышленности самые амбициозные. ТАСС. 26 октября 2020 г.//www.tass.ru.
47. IC Insights: Китай не сможет обеспечить полупроводниковую самодостаточность. Время электроники. 22 мая 2020 г.//www.russianelectronics.ru.