

# Ведущие производители полупроводниковых электронных компонентов и дефицит их продукции.

## Часть 1. Контрактные производители

Виктор Алексеев (victor.alexeev@gmail.com)

Пандемия COVID-19 вызвала катастрофические проблемы с грузовыми перевозками во всём мире. В начале 2020 года импорт упал на 5,8%, а экспорт фактически вырос на 1,3%. Морские грузовые контейнеры постепенно скапливались в портах Европы и Америки, поскольку в них просто нечего было везти обратно в Азию. Цены на новые контейнеры и фрахт поднялись в несколько раз. Вслед за этим поползли вверх цены на материалы и оборудование. В конце 2019 года резко упал спрос на новые автомобили, но вырос спрос на компьютеры и офисную технику. Производители полупроводниковых электронных компонентов (ПЭК) из-за отсутствия спроса и многочисленных возвратов сократили выпуск комплектующих для автомобильной электроники, переключившись на другие направления. В середине 2020 года спрос на автомобили возобновился, но одновременно образовался дефицит на электронные компоненты, необходимые для их оснащения. С одной стороны, это было связано с тем, что примерно 90% сложных ПЭК производится в Азии, а проблема с морскими грузовыми перевозками только усилилась в 2020 году. С другой стороны, сказалась переориентация производства ПЭК на компьютеры и смартфоны.

Постепенно нарастающая паника привела к дефициту комплектующих для всех отраслей электронной промышленности. По мнению экспертов, последствия мирового логистического кризиса и дефицита ПЭК будут ощущаться и в течение 2022 года.

### Мировой кризис поставок полупроводниковых электронных компонентов в 2019–2020 гг.

Пандемия COVID-19, закрытие границ и локдаун в большинстве стран, падение акций крупнейших мировых корпораций до минимума 1987 года, рухнувшие цены на нефть, санкции США против китайских производителей полупроводниковых электронных компонентов (ПЭК), запрет Японии на поставки ПЭК в Южную Корею – вот основные характеристики состояния мировой экономики весной 2020 года. Практи-

чески все страны приняли специальные меры эпидемиологической безопасности при контроле грузов на сухопутных, морских и авиационных таможенных постах, что вызвало беспрецедентные задержки доставки грузов.

В марте 2020 года нехватка рабочей силы привела к длительным задержкам и очередям на самых загруженных морских терминалах мира [1]. В период с марта по май 2020 года импорт из стран азиатского региона упал примерно на 6%, тогда как экспорт фактически вырос более чем на 2%. В результате контейнеры постепенно скапливались

в портах Европы и Америки, поскольку в них просто нечего было везти обратно в Азию (рис. 1).

Весной 2020 года из каждых 100 контейнеров, доставленных в порты Северной Америки, обратно отправляются только 40. Как следствие, в Китае, Сингапуре, на Тайване и в других азиатских странах начали и продолжили расти в 2020–2021 гг. цены на морские грузовые контейнеры и их транспортировку. Если пригодные для перевозки контейнеры можно было купить за 800...1200 долларов до 2020 года, в 2021 году они стоили уже от 2200 до 2800 долларов. Аналогично увеличились в среднем на 50% цены на аренду контейнеров [3].

Стали возникать сбои в деятельности сборочных предприятий, работающих без складских запасов в режиме поставок комплектующих на конвейер точно по времени. Все эти факторы привели к проблемам в мировой индустрии производства полупроводниковых электронных компонентов (ПЭК). Основные трудности возникли в Китае и других азиатских странах, где власти использовали крайне жесткие ограничительные меры. Полностью было закрыто достаточно большое число заводов и фабрик.

Летом 2020 г. отчетливо обозначилась проблема несбалансированности распределения по всему миру предприятий, производящих ПЭК. В конце 90-х на долю США приходилось примерно 37% мирового производства полупроводников. В III квартале 2021 г. в Северной Америке было произведено чуть больше 20% от мирового объема полупроводниковых компонентов, а в Европе и Японии – примерно по 7% [4]. При этом более 65% производственных мощностей переместилось в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (рис. 2).

Весной и летом 2020 года в период локдауна по всему миру продажи автомобилей резко упали, и ведущие автопроизводители стали отменять свои заказы на специализированные автомобильные ПЭК [6]. Как следствие, фирмы, изготавливающие подобного рода чипы, были вынуждены существенно сократить или даже

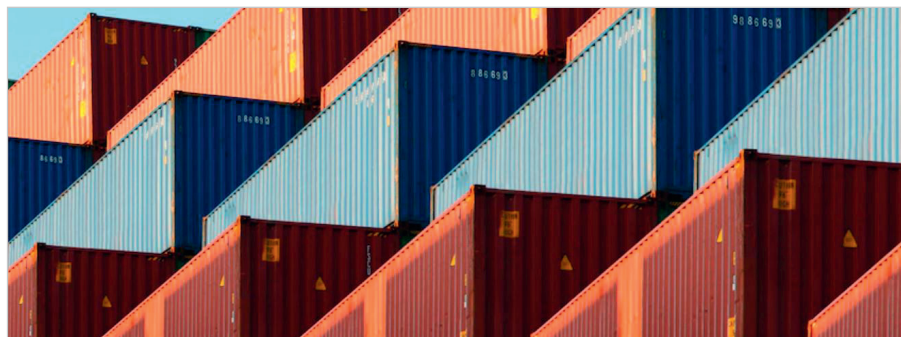


Рис. 1. Весной 2020 года грузовые контейнеры постепенно скапливались в портах Европы и Америки [2]

прекратить производство этой продукции [7].

После отмены жёстких локдаунов летом 2020 года люди, отложившие ранее запланированные покупки и опасаящиеся заразиться в городском транспорте вирусом COVID-19, начали массово приобретать автомобили. Немаловажную роль сыграли деньги, сэкономленные на отдыхе и развлечениях в период вынужденного домашнего заточения. Таким образом, в конце 2020 г. спрос на автомобили не только вернулся к своему докризисному уровню, но даже заметно превысил его. Как следствие, возник острый дефицит специализированных автомобильных ПЭК, производство которых было сокращено весной 2020 г.

Одновременно в середине 2020 года, благодаря удалённому обучению школьников и студентов, а также работе в домашних офисах, начали расти продажи компьютеров и другого офисного оборудования. Кроме того, возник беспрецедентный спрос на игровые консоли [8]. Поэтому потребление ПЭК этого класса превысило объёмы, которые на тот момент могли предложить производители [9].

В середине 2020 года доминировало мнение, что ведущие производители и дистрибьюторы ПЭК обладают достаточными финансовыми средствами для того, чтобы быстро создать необходимое буферное количество запасов на своих складах и обеспечить гибкую логистику [10, 11]. Однако ситуация не только не улучшилась в конце 2020, но и заметно ухудшилась в 2021 году.

В ответ на нарастающий дефицит большинство крупных производителей электронного оборудования начали формировать сверхнормативные складские запасы и размещать многократно увеличенные заказы, что, в свою очередь, только усугубило ситуацию.

Уже в I квартале 2021 г. явно обозначился дефицит комплектующих, предназначенных для таких приложений бытовой электроники, как IoT, компьютерная техника, офисное оборудование, игровые консоли и т.д. Например, сократился выбор дешёвых ноутбуков, а игровые приставки и вовсе стало трудно найти в магазинах большинства стран мира. В конце 2020 года спрос на бытовое электронное оборудование увеличился в среднем по всему миру примерно на 8% [12].

В течение всего 2021 года в разряде дефицитных оставались микросхемы

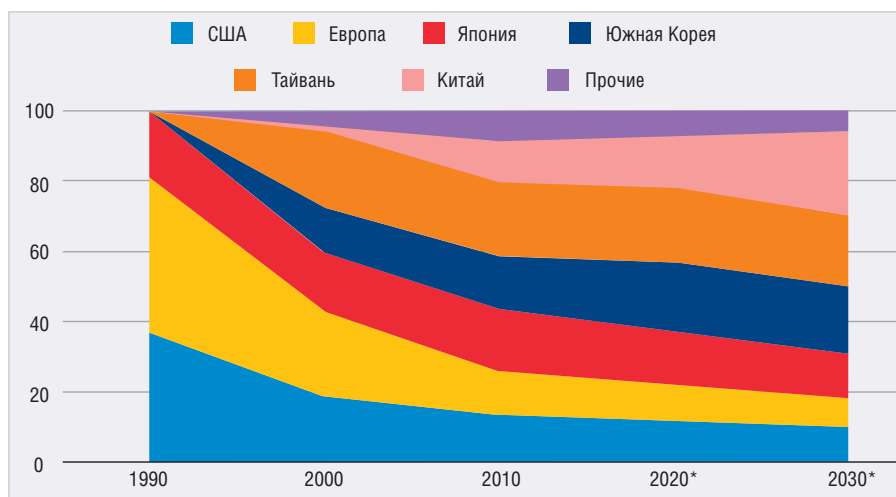


Рис. 2. Большинство заводов по производству ПЭК было сосредоточено в 2020 году в странах Азиатского региона [5]

управления питанием, микросхемы памяти, логические ПЛИС, контроллеры ЖКД, дискретные силовые транзисторы, управляющие микроконтроллеры, чипы беспроводной связи и другие. Проблемы с поставками возникли и в самом начале производственной цепочки, где в дефиците оказались 200 мм кремниевые пластины, используемые для дешёвых стандартных микросхем.

Среднее время ожидания для поставок чипов на фабрики выросло примерно с 12 недель до пандемии до 22 недель в среднем в октябре 2021 [13].

Продукция таких фирм, как Infineon Technologies AG, Microchip Technology Inc и других, всё ещё оставалась труднодоступной. Осенью 2021 увеличилось число фирм, которые предупредили о более длительном, чем ожидалось, дефиците их продукции. В числе этих фирм можно назвать такие хорошо известные из них, как Continental AG, Innolux Corp, Renesas Electronics Corp, Samsung и другие [14].

По некоторым позициям приводятся совершенно обескураживающие данные. Так, например, CIQ сообщила, что время поставки стандартных логических устройств увеличилось в среднем на 75%. Согласно Supplyframe, сроки изготовления диодов Vishay, полевых транзисторов Infineon MOSFET, полимерно-танталовых конденсаторов Kemet могут растянуться до 6–10 месяцев [15].

В конце ноября 2021 года Cisco предупредила покупателей и инвесторов, что проблемы с цепочкой поставок сохранятся в 2022 году, и сроки изготовления конечного оборудования, заказанного в 2021 году, могут составлять несколько месяцев [16].

Финансовый директор фирмы Juniper на ежегодной встрече с инвесторами

сказал, что возросшие сроки поставки некоторых типов ПЭК вызовут задержку отгрузки готовой продукции фирмы в некоторых случаях на 50 недель, а в других могут превысить 80 недель [17].

В 2021 году заметно ухудшилась ситуация с морскими контейнерными перевозками. На рейдах портов всего мира, по данным на начало октября 2021 года, в ожидании разгрузки простаивало больше 350 контейнеровозов, на борту которых скопилось в общей сумме около двух миллионов 20-футовых контейнеров [18].

Стоимость перевозки грузов морскими контейнерами заметно увеличилась в 2021 году. Общий рост стоимости таких перевозок за последние 12 месяцев превысил 500% [19]. По данным аналитической компании Xeneta, стоимость контейнерных перевозок через Тихий океан в октябре 2021 года колебалась от 5500 до 20 000 долларов [20].

В связи с Рождеством ситуация в конце 2021 г. с морскими контейнерными перевозками ухудшилась настолько, что её, по всей видимости, не удастся нормализовать в течение всего 2022 года [21, 22, 23].

Пандемия, логистика, локальные форс-мажорные обстоятельства, ошибки планирования и общая паника вызвали дефицит не только электронных компонентов, но также сырья и материалов. Согласно оценкам [24], в IV квартале 2021 г. выросли цены на следующие материалы:

- медная фольга: 30–50%;
- стекловолокно: 24–40%;
- эпоксидная смола: 25–30%;
- листовой металл: 10–20%;
- картон для упаковки: 15–30%.

Вслед за сроками поставок, транспортными расходами, ценами на сырьё синхронно увеличивались цены на ПЭК.



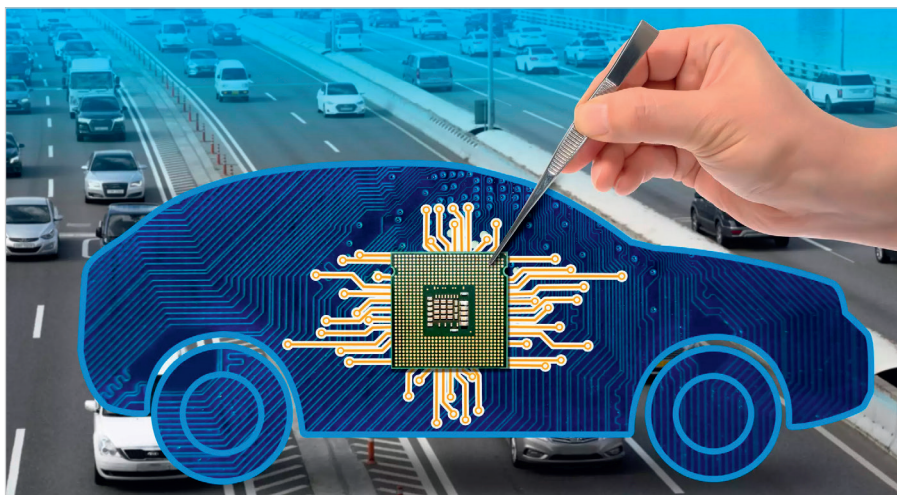


Рис. 3. Проблему с выходом автомобильной электроники на нормальный режим работы удастся решить не раньше 2023 года [36]

Таблица 1

Пассивные электронные компоненты	Резисторы, конденсаторы и др.	20-25%
	Аккумуляторы	10-15%
	Кварцевые генераторы	10-20%
	Разъёмы и кабели	10-50%
МЭМС, встраиваемые	Акселерометры, гироскопы, датчики давления и температуры	20-30%
Контроллеры	Микроконтроллеры	10-55%
	Контроллеры локальных сетей	25-45%
	Микросхемы управления питанием PMIC	10-50%
Аудио	Кодеки	25-60%
	Усилители мощности, ПУ	25-60%
Стандартные ИС	Логика, усилители, АЦП, ЦАП и т.д.	10-50%
Специальные ИС	ПЛИС, сборки на кристалле	20-65%
Транзисторы	МОП-транзисторы	20-40%
Память	Flash-память	20-55%
	DRAM-память	50-70%
Платы	Печатные платы	10-25%
	Промышленные ЖК-дисплеи	10-30%
Дисплеи	ЖК-дисплеи для рекламы и торговли	40-75%
	Сенсорные экраны	10-15%
	Адаптеры напряжения	10-20%
Питание	Блоки питания ПК	10-15%
	Вентиляторы для ПК и блоков питания	10-15%
Вентиляторы	Вентиляторы для микроконтроллеров	20-30%
	Холодильные агрегаты	Микрохолодильники

Относительный рост цен на электронные компоненты за период 2020–2021 гг. показан в табл. 1 [25].

В исключительных случаях цена на некоторые электронные компоненты увеличилась на 200% [26].

Как пример неконтролируемого роста, Sensors Converge приводит микросхему, которая в 2018 году стоила 7 долларов, а в 2021 году за неё просят уже 230 долларов США [27]. О повышении цен на свою продукцию объявили практически все ведущие производители ПЭК [28, 29, 30].

Вопреки первоначальным прогнозам и ожиданиям мировая автомобильная промышленность не восстановилась до прогнозируемого уровня

в 2021 году. По-прежнему дефицитными оставались многие позиции автомобильных ПЭК.

Ведущие мировые автопроизводители, такие, например, как Ford Motor, General Motors, Nissan, Volkswagen, Fiat, BMW, Daimler и другие, предупредили своих акционеров о значительном сокращении доходов в 2021 году из-за нехватки чипов [31...35].

Руководители ведущих автопроизводителей осенью 2021 на автосалоне IAA в Мюнхене в своих высказываниях были солидарны в том, что проблеме с выходом отрасли на нормальный режим работы удастся решить не раньше 2023 года (рис. 3) [36].

## Как переживают пандемию COVID-19 контрактные производители полупроводниковых электронных компонентов

Полупроводниковая промышленность, переживающая пандемию COVID-19 много лучше, чем автомобильная, получила в 2020 году выручку от реализованной продукции в среднем по отрасли на 6,5% больше, чем в 2019 году. По промежуточным итогам за IV квартал 2021 г. большинство ведущих производителей ПЭК увеличили свою прибыль по сравнению с аналогичным периодом 2020 года [37].

Всех производителей ПЭК можно разделить на четыре основные группы:

- фирмы «Semiconductor Contract Manufacturing Company» изготавливают продукцию по контрактам и патентам других фирм на собственных предприятиях. (Другое название – «Pure-Play Foundry Business».) Основные представители: TSMC, GlobalFoundries и UMC;
  - фирмы «Chip Designers Fabless Companies» (FLC), которые разрабатывают и патентуют технологии, а также другие элементы интеллектуальной собственности, необходимые для организации массового производства на сторонних предприятиях, но не имеют собственных производственных мощностей. Эти фирмы изготавливают ПЭК на контрактных заводах. Ведущие мировые концерны этой группы: Qualcomm, Nvidia, AMD, Broadcom, NXP;
  - фирмы «Silicon Wafers Manufacturer» производят только сами кремниевые подложки для полупроводников. Например, Sumco, Shin-Etsu Chemical, MEMC Electronic Materials, Soitec;
  - фирмы «Integrated Device Manufacturers» (IDM) разрабатывают собственную полупроводниковую продукцию и изготавливают её на своих предприятиях. Мировые лидеры этой группы – Samsung, Intel, Texas Instruments.
- Эта схема не является строгой, поскольку существуют фирмы, использующие несколько различных направлений деятельности.
- На сегодняшний день в мире лидируют три крупнейшие фирмы, контролирующее мировое контрактное производство современных процессоров, программируемых логических интегральных схем ПЛИС (PLD), систем на кристалле (SoC) и других сложных полупроводниковых электронных компонентов (SEC):



Рис. 4. Торговая марка концерна Taiwan Semiconductor Manufacturing Company [38]

- Taiwan Semiconductor Manufacturing Co (TSMC – 12,9 млрд USD, Q1 2021);
- United Microelectronics Corporation (UMC – 1,6 млрд USD, Q1 2021);
- Global Foundries Inc (GFS – 1,5 млрд USD, Q1 2021).

В приведённом перечне в скобках указаны доходы (revenue) от основной деятельности фирм за I квартал 2021 г.

Вообще говоря, вторым в мире по объёмам выпускаемой продукции является производственный концерн Samsung, который работает в основном «сам на себя». Иными словами, сам проектирует и сам изготавливает компоненты на своих собственных заводах. Доходы от основной деятельности Samsung за I квартал 2021 г. составили 4,08 млрд долл. США. Во второй части этой статьи Samsung отнесён к другой группе универсальных производителей – IDM.

Концерн Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (рис. 4), основанный в 1987 году правительством Китайской Республики Тайвань, на сегодняшний день является безоговорочным лидером производства микропроцессоров, ПЛИС и ПЭК.

Штаб-квартира TSMC находится в г. Синьчжу (Тайвань). По данным на 2019 год, в филиалах и офисах, расположенных на Тайване, в Китае, Индии, Японии, Южной Корее, Нидерландах и США, работают около 50 тысяч человек.

Непосредственно на Тайване расположены четыре завода с технологией 12 дюймов, четыре 8-дюймовых завода, один 6-дюймовый завод. Кроме того, TSMC полностью контролирует на Тайване три завода Nanjing Company, Ltd, а также заводы WaferTech в США и завод TSMC China Company, Ltd. в КНР.

На рис. 5 показаны относительные доли объёмов доходов от продаж в

I квартале 2021 г. ведущих мировых производителей сложных полупроводниковых компонентов.

На долю тайваньской фирмы TSMC приходится больше половины общемирового производства современных микросхем. По результатам III квартала 2021 г. доход (revenue) TSMC составил 14,88 млрд долл. США [39].

На рис. 6 показано распределение объёмов производства TSMC по технологиям.

В I квартале 2021 г. на технологии 7 и 5 нм вместе приходилось почти 50% доходов компании. На продукцию 7 нм приходится примерно 35% всей выручки, а на 5 нм – около 14%. Эти данные указывают на то, что у TSMC снизились заказы на микросхемы с 5 нм и увеличились заказы для приложений, где преобладают технологии 7 нм. Как следствие, выросли за последние три квартала также сроки поставок на микросхемы 7 нм. Целесообразно подчеркнуть, что инновационные чипы должны быть разработаны исключительно с использованием технологий самых последних поколений – 3 и 5 нм. Примером тому может служить последняя разработка MediaTek и TSMC, представленная в декабре 2021 года. Первая в мире система на кристалле (SoC) цифрового ТВ 8K, MediaTek Pentonic 2000, изготовлена на заводе TSMC с использованием технологий 7 нм. Новая SoC MediaTek Pentonic 2000 обеспечивает наилучшие на сегодняшний день параметры производительности и энергоэффективности, а также является идеальным решением для таких приложений, как разветвлённые системы искусственного интеллекта, встраиваемые микросенсоры для определения мгновенного перемещения; универсальные видеокодеры

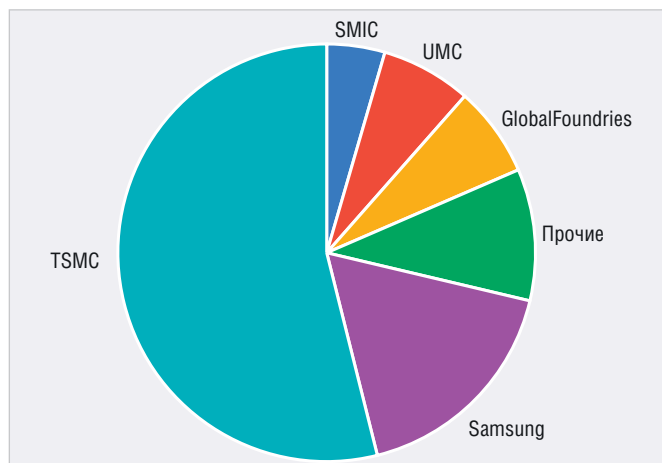


Рис. 5. Относительные доли объёмов доходов от продаж в IV квартале 2020 г. ведущих мировых производителей полупроводниковых микросхем [37]

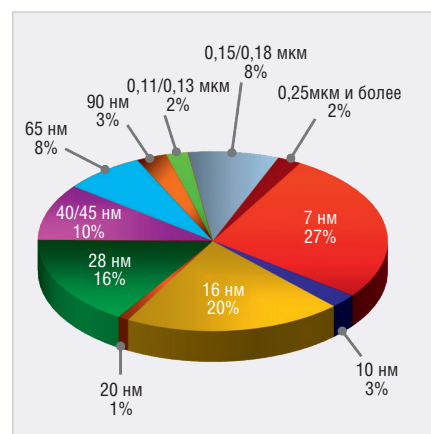


Рис. 6. Распределение объёмов производства TSMC по технологиям [40]

для технологии «картинка в картинке» (PiP) и другие аналогичные [41].

Для упаковки (package) кристаллов TSMC использует как традиционные методы, так и новые технологии 3DFabric, которые позволяют интегрировать вычислительные ядра с разнородными мини-чипами в более плотных конфигурациях многоядных конструкций 2D, 2.5D или 3D [42]. В новых технологиях типа InFO-PoP (упаковка на упаковке) и InFO-oS (сборка InFO на подложке) применяется кристалл на носителе, который впоследствии монтируется в восстановленную пластину из формовочного компаунда. После этого на пластине монтируются соединительные и выводные магистрали.

Упаковки TSMC, такие как CoWoS, обычно используются в сочетании с 7 нм или 16 нм технологиями, в то время как InFO-oS в основном предназначены для 5 нм.

Структура технологии корпусирования CoWoS – Multi-Die показана на рис. 7.

На сегодняшний день чипы по технологии 5 нм изготавливают только TSMC и Samsung.



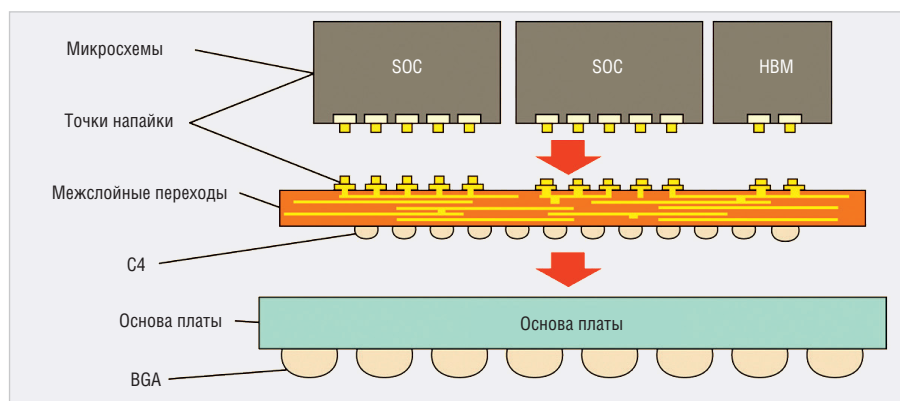


Рис. 7. Структура технологии корпусирования CoWoS – Multi-Die, используемая на линиях TSMC 7 нм [42]

В начале ноября 2021 г. TSMC приступила к тестовому производству чипов с технологией 3 нм (3 nm N3 node). Серийное производство запланировано на IV квартал 2022 г. По предварительным данным, заявки на заказы чипов 3 нм разместили Apple, Intel, AMD и Qualcomm [43].

В отличие от 3 нм технологии Samsung, в которой используются транзисторные структуры GAA (gate-all-around), TSMC использует транзисторы FinFET.

По сравнению с линией N5 (5 нм), оборудование N3 позволит увеличить производительность микросхем на 10...15% при тех же уровнях мощности. Кроме того, технология 3 нм позволит TSMC увеличить плотность компоновки элементов на пластине в 1,7 раза [44].

В табл. 2, подготовленной с использованием данных статьи [45], приведены данные о закупках продукции TSMC через прямых заказчиков TSMC.

В качестве прямых заказчиков в табл. 2 указаны восемь наиболее крупных фирм, составляющих основное ядро покупателей TSMC по четырём приоритетным направлениям: «IoT и бытовое оборудование», «Телекоммуникации и связь», «Компьютеры и сопутствующее оборудование», «Автомобильная электроника». Для основных прямых покупателей в табл. 2 для I квартала 2021 г. указаны: доля их заказов в

процентах от общего дохода TSMC за этот период (revenue); сумма заказов в миллионах долларов США, истраченная на продукцию TSMC; процентная доля закупленных компонентов TSMC от расходов фирмы (expenditure). Например, для Qualcomm эти цифры соответственно равны 4,16%, 537 млн долл. США, 15,4%. Таким образом, для Qualcomm в I квартале 2021 г. суммарные затраты на компоненты составляли около 3,5 млрд долл. США, из которых 537 млн было истрачено на изготовление сложных ПЭК на заводах TSMC. При этом общий доход TSMC в I квартале 2021 г. составил примерно 12,9 млрд долл. США.

В начале 2020 года только 3% от всего объёма выпускаемой TSMC продукции составляли ПЭК для автомобильной промышленности. Основная часть продукции TSMC предназначена для производителей смартфонов (51%), компьютерной индустрии (31%) и IoT (<10%). Поэтому отказ от заказов на автомобильные ПЭК незначительно повлиял на доходы фирмы на первом этапе кризиса. Ограниченные производственные мощности и недостаточное количество сырья не позволили TSMC в разгар кризиса полностью удовлетворить спрос на комплектующие для компьютеров, смартфонов, дата-центров и других областей телеиндустрии. Генеральный директор Qualcomm Криштиану Амон (Cristiano Amon) в интервью

агентству Bloomberg подчеркнул, что, несмотря на экстраординарные меры, реализованные фирмой для преодоления кризисной ситуации, устранение дефицита и сокращение сроков поставок можно будет наблюдать не раньше I квартала 2022 г. [46].

Данные табл. 2 позволяют понять объёмы продаж TSMC основным своим заказчикам: крупнейшим мировым производителям современных активных электронных компонентов.

В табл. 3 приведены аналогичные данные для «опосредованных заказчиков» TSMC. В качестве опосредованных заказчиков TSMC взяты в качестве примера наиболее значимые покупатели прямых клиентов TSMC. Например, прямой клиент TSMC концерн Qualcomm поставляет компоненты другим опосредованным заказчикам: Apple, Samsung, Xiaomi, LG, HP, Asustek Computer и другим.

Следует особо подчеркнуть, что в табл. 3 показаны данные не абсолютных лидеров рынка по отдельным отраслям электроники, а приведены только цепочки, в которых главным поставщиком является TSMC.

Несмотря на то что Broadcom [47] и AMD [48] являются крупнейшими поставщиками ПЭК для автомобильной электроники, данные по этим фирмам в табл. 3 не выделены в отдельную категорию. Вероятно, эти данные в оценках [45] попали в разделы субподрядчиков, с которыми Broadcom и AMD имеют тесные партнёрские отношения. Среди этих фирм, поставляющих продукцию для автомобильной индустрии, можно назвать, например, такие как LG, закупившая у Broadcom в I квартале 2021 г. комплектующие для бытовой электроники на сумму более 40 млн долл. США, а также Sony, которая приобрела в этот период товаров данной категории у AMD на сумму более 260 млн долл. США.

Для опосредованных заказчиков в табл. 3 также приведены данные доли их закупок в процентном отношении к доходу прямого заказчика TSMC, сум-

Таблица 2

Прямые заказчики TSMC							
Проценты от оборота TSMC, сумма затрат, процент от бюджета фирмы-заказчика, I квартал 2021 г.							
*4,16%	3,9%	3,8%	3,4%	2,4%	1,9%	1,8%	1,4%
**537 млн	498 млн	479 млн	430 млн	299 млн	235 млн	230 млн	181 млн
***15,4%	Broadcom 17,9%	Nvidia 26,1%	AMD 24%	Texas Instruments 20,9%	STMicro-electronics 11,9%	NXP 18,9%	Renesas 19,7%

Примечания к таблице 2:

\* – процент закупки прямого заказчика микросхем, изготовленных на заводах TSMC от общих объёмов продаж (revenue) TSMC за I квартал 2021 г.;

\*\* – сумма закупки у TSMC его прямого заказчика за I квартал 2021 г.;

\*\*\* – доля закупок заказчика от общих объёмов его собственных продаж за I квартал 2021 г.

Таблица 3

Опосредованные заказчики TSMC							
Приложения «Телекоммуникации и связь»; % от оборота прямого заказчика TSMC, сумма затрат, % бюджета, I квартал 2021 г.							
Qualcomm	Broadcom	Nvidia	AMD	Texas Instruments	STMicro-electronics	NXP	Renesas
***11,3% ***572 млн **** Apple *****1%	25% 1700 млн Apple 2,5%	1,4% 55 млн Cisco 1,2 %	2,2% 71 млн Samsung 0,2%	9,4% 383 млн Apple 0,6%	23,9% 611 млн Apple 1,4%	9,4% 235 млн Apple 0,4%	1,3% 23 млн Apple 0,1%
10,2% 517 млн Samsung 1,5%	2,2% 149 млн Samsung 0,4%	0,8% 30 млн Samsung 0,1%	1,3% 43 млн Apple 0,1%	1,5% 57 млн Samsung 0,2%	4,4% 143 млн Samsung 0,4%	2,9% 72 млн Samsung 0,2%	1,4% 22 млн Samsung 0,1%
10% 509 млн Xiaomi 8,3%	0,7% 48 млн Nokia 1%	0,1% 4 млн Orange 0,04%	0,8% 26 млн Cisco 0,6 %	0,1% 3 млн Cisco 0,1 %	0,4% 13 млн Xiaomi 0,2 %	2,5% 63 млн Ericsson Telef. 1,3%	0,6% 10 млн Xiaomi 0,2 %
Приложения «Компьютеры разные»; % от оборота прямого заказчика TSMC, сумма затрат, % бюджета, I квартал 2021 г.							
Qualcomm	Broadcom	Nvidia	AMD	Texas Instruments	STMicro-electronics	NXP	Renesas
2,5% 126 млн HP 1,0%	0,3% 21 млн Hewlett Packard Int 0,5%	11,0% 459 млн Dell 2,8%	5,1% 166 млн HP 1,3%	1,2% 47 млн HP 0,4%	3,0% 96 млн HP 0,8%	0,3% 6 млн Asustek Computer 0,2%	НД
1,1% 55 млн Asustek Computer 2,2%	0,3% 16 млн Asustek Computer 0,5%	4,4% 169 млн Lenovo 1,5%	3,7% 121 млн Dell 0,8%	0,2% 8 млн Hewlett Packard Int 0,2%	1,1% 35 млн Seagate Technology 1,8%	НД	НД
0,8% 40 млн Acer 2,3%	0,2% 12 млн Seagate Technology 0,6%	3,1% 119 млн HP 1,0%	3,2% 102 млн Lenovo 0,7%		0,3% 9 млн Western Digital 0,3%	НД	НД
Приложения «Потребительская электроника»; % от оборота прямого заказчика TSMC, сумма затрат, % бюджета, I квартал 2021 г.							
Qualcomm	Broadcom	Nvidia	AMD	Texas Instruments	STMicro-electronics	NXP	Renesas
1,1% 71 млн LG 0,7%	0,5% 35 млн LG-Inotek 1,2%	4,8% 187 млн Nintendo 9,3 %	8,0% 261 млн Sony 1,4%	0,4% 14 млн Wuhan P&S 3,6%	1,1% 35 млн Nintendo 2,2 %	1,7% 143 млн LG 0,4%	2,2% 38 млн Satori Electric 16,9%
0,7% 36 млн LG-Inotek 2,5%	0,2% 11 млн LG 0,1%	4,6% 133 млн Gigabyte Technology 31,5%	0,4% 12 млн LG 0,1%	0,3% 12 млн Shinko Shoji 6,2%	0,6% 20 млн Sony 0,1%	0,8% 21 млн Panasonic 0,2%	2,1% 36 млн Shinko Shoji 18,7%
0,7% 35 млн Panasonic 0,3%	0,1% 5 млн Zhen Ding 0,6%	0,4% 15 млн LG 0,2%	0,02% 0,7 млн Maxell 0,3%	0,03% 1 млн Nisshinbo 0,2%	0,4% 11 млн LG 0,1%	0,1% 2 млн Kinpro Electonics 0,2%	1,3% 22 млн Alpis Alpine 1,7%
Приложения «Автомобильная электроника»; % от оборота прямого заказчика TSMC, сумма затрат, % бюджета, I квартал 2021 г.							
Qualcomm	Broadcom	Nvidia	AMD	Texas Instruments	STMicro-electronics	NXP	Renesas
1,2% 61 млн Denso 0,6%	НД	0,4% 16 млн Robert Bosh 0,1 %	НД	5,1% 171 млн Magna Int 2%	3,7% 118 млн Robert Bosh 0,8%	9,6% 241 млн Continental 2,7%	6,6% 111 млн Toyota 0,2%
0,9% 48 млн Continental 0,5%	НД	0,2% 8 млн Denso 0,1%	НД	0,3% 13 млн F-Tech 3,9%	3,3% 107 млн Tesla 1,2%	3,0% 76 млн Robert Bosh 0,5%	2,2% 37 млн Volkswagen 0,1%
0,7% 35 млн Hyundai 0,5%	НД	0,1% 4 млн Aptiv 0,2%	НД	0,03% 1 млн Nisshinbo 0,2%	2,3% 75 млн Continental 0,8%	3% 76 млн Aptiv 2,2%	1,9% 31 млн Nissan 0,2%

Примечания к таблице 3:

\* – поставщик;

\*\* – доля закупок заказчика от общих объемов продаж поставщика за I квартал 2021 г.;

\*\*\* – сумма заказа в миллионах долларов США за I квартал 2021 г.;

\*\*\*\* – заказчик;

\*\*\*\*\* – процент закупки от общих затрат заказчика по этой статье за I квартал 2021 г.

ма заказов комплектующих для конкретного направления, проценты этих закупок в суммарных затратах фирмы (expenditure). Например, в I квартале 2021 г. фирма Apple закупила у Qualcomm ПЭЖ только для приложений «Телекоммуникации и связь» комплектующих на сумму 572 млн долл. США, что составляет 11,3% от дохода (revenue)

Qualcomm за этот период. Следовательно можно оценить доход Qualcomm в I квартале примерно равным 5 млрд долл. США. Таким образом, данные табл. 2 и 3 позволяют оценивать масштабы деятельности ведущих мировых производителей электронных компонентов. Следует особо подчеркнуть, что данные, приведенные в табл. 2 и 3, получены по

материалам предварительных обзоров Bloomberg [49]. Эти данные носят в основном иллюстративный характер и не могут быть использованы для точных аналитических исследований финансовой деятельности указанных фирм. Для получения более точных значений рекомендуется воспользоваться, например, сервисом Refinitiv [50].





Рис. 8. Логотип тайваньской фирмы United Microelectronics Corporation

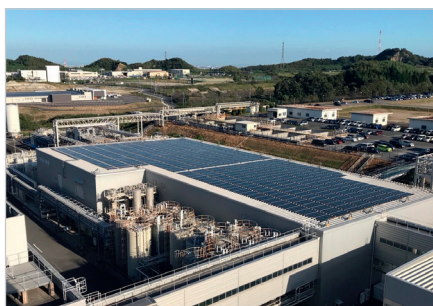


Рис. 9. Фирма USJC завершила установку солнечных панелей на крышах завода Mie Plant и начала выпуск продукции в октябре 2020 года [60]

В табл. 3 приведены данные только о наиболее значимых прямых и опосредованных клиентах TSMC. На самом деле заказчиков TSMC значительно больше.

Согласно оценкам Bloomberg, около четверти всех доходов TSMC за I квартал 2021 г. пришлось на заказы от Apple. Используя ресурсы Broadcom, Qualcomm, Nvidia, AMD, Texas Instruments, STMicroelectronics, NXP, Renesas, американский концерн Apple изготавливает необходимые микросхемы на заводах TSMC.

В состав iPhone от Apple входят вспомогательные радиочастотные чипы Broadcom для систем беспроводной связи Wi-Fi, Bluetooth, LTE. Базовые системы на кристалле для систем беспроводной связи Apple получает от Qualcomm.

В ближайшем будущем Apple планирует выпускать собственные чипы 5G, которые разработало бывшее подразделение Intel (Infineon), приобретенное Apple в 2019 году. Между Qualcomm и Apple M1 отношения достаточно сложные. Конфликт связан с тем, что трое ведущих разработчиков покинули Apple в 2019 году и создали свою собственную новую фирму по производству чипов Nuvia. В начале 2021 года эту фирму Qualcomm купила за 1,4 млрд долл. США.

Существует опасение, что новый процессорный чип Qualcomm не только воплотит в себе последние инновационные решения, но и превзойдет гото-

вящийся к производству процессор Apple M1 [51]. На 2021 год фирма Apple разместила у TSMC заказы на чипы A14 и A15, которые будут изготавливаться на основе технологий 5 нм и 4 нм. Чипы A14 будут производить по технологии 5 нм на новом заводе, который TSMC строит сейчас в Финиксе, штат Аризона, США [52].

В октябре фирма Broadcom сообщила о заключении нового контракта поставок комплектующих с Apple на сумму 15 млрд долл. США до середины 2023 года.

В 2022 году планируется начать производство новейшего чипа Apple A16 на одном из заводов TSMC по технологии 3 нм с использованием архитектуры с транзисторами FinFET [53].

В октябре TSMC сообщила о рекордной чистой прибыли (net profit) за III квартал 2021 г., равной 5,56 млрд долл. США [54].

Несмотря на финансовые успехи, фирма TSMC предупредила своих клиентов о том, что в конце 2021 и в I квартале 2022 г. могут возникнуть ограничения на поставку некоторых категорий микросборок на кристалле. Поэтому не исключено небольшое увеличение цен на продукцию, которое позволит оперативно решить часть проблем с дефицитом за счёт снижения спроса. С другой стороны, повышение цен поможет аккумулировать средства, необходимые для расширения производственных мощностей, включая создание нового производственного центра в Аризоне США [55].

Кроме того, TSMC планирует построить собственный завод микропроцессоров в Японии [56].

Нужно отметить ещё один важный момент, который, в принципе, может внести определённые изменения в структуру мирового производства полупроводниковых электронных компонентов. Попытки Китая развивать свою собственную передовую индустрию производства чипов и торговая война за лидерство в этой области с США являются одной из причин крайне жёсткой и агрессивной политики, проводимой КНР по отношению к Тайваню [57].

Тайваньский концерн United Microelectronics Corporation – UMC по итогам 2021 года занял второе место по объёму доходов среди контрактных производителей ПЭЖ, которые только производят продукцию по заказам фирм-разработчиков. Логотип фирмы показан на рис. 8 [58].

В III квартале 2021 г. доход UMC составил 2,01 млрд долл. США [59].

Фирма UMC была основана в 1980 году на базе государственной компании Industrial Technology Research Institute. В настоящее время UMC имеет в общей сложности 12 заводов с общей производительностью около 800 000 пластин в месяц. Основная часть производственных мощностей UMC расположена в Тайване в городах Синьчжу и Тайнань. Заводы на Тайване серийно производят ПЭЖ с 2002 года.

Два современных завода находятся в Сингапуре. Заводы 8N (HeJian) и 12X (USCXM) работают в Китае. Завод 12M (USJC) находится в Японии. Штаб-квартира UMC находится в Синьчжу (Тайвань). Локальные офисы расположены во многих странах: США, ЕС, Китае, Японии, Корее и Сингапуре. Общее количество сотрудников UMC по всему миру превышает 20 тыс. человек.

Завод «Fab 12A» в Тайване в настоящее время производит ПЭЖ, используя полный цикл технологий 14 и 28 нм и 300 мм пластины. Общая производственная мощность Fab 12A в настоящее время составляет более 87 000 пластин в месяц. Второй 300 мм завод UMC Fab 12i, расположенный в сингапурском Pasir Ris Wafer, серийно выпускает 50 000 пластин в месяц на базе 300-миллиметровых линий второго поколения. Третий 300-миллиметровый завод UMC, United Semi, расположен в китайском городе Сямынь и сейчас также работает с производительностью 50 тысяч пластин в месяц. В октябре 2019 года концерн UMC приобрёл завод USJC (Mie Plant) в Японии. Этот завод, расположенный в префектуре японской провинции Миэ, может производить до 33 тысяч 300 мм пластин в месяц по технологии 40 нм (рис. 9).

Распределённые практически равномерно по всей Азии производственные мощности UMC гарантируют бесперебойное обслуживание клиентов этого региона с поставками в точно назначенные сроки. Новые заводы UMC оснащены современными системами автоматизации, включающими универсальные блоки с передним открыванием (FOUP), автоматизированные системы погрузочно-разгрузочных работ (AMH) и подвесные рельсовые транспортные средства (RGV). Все заводы отвечают строгим требованиям международных стандартов [60].

На своих контрактных предприятиях UMC производит ПЭЖ для многих приложений современной электроники, уделяя особое внимание системам беспроводной связи 5G, IoT, автомобильной электронике, медицинской техни-

ке. Линейка продукции, выпускаемой UMS, включает такие компоненты, как мобильные процессоры, графические процессоры, чипы Wi-Fi и Bluetooth, различные датчики и специальные автомобильные чипы, логические микросхемы, ПЭК для систем электропитания, драйверы дисплеев, энергонезависимые запоминающие устройства, RFSOI, BCD, SRAM. Среди многочисленных клиентов UMC наибольшие доли заказов приходятся на ведущих мировых разработчиков ПЭК: Qualcomm, AMD, MediaTek, Novatek, Realtek, Infineon, Rockchip, Allwinner Technology, Applied Materials, Lam Research.

Кроме традиционных UMS работает также с новыми направлениями вроде систем для преобразователей солнечной энергии.

В начале 2017 года UMC начал выпускать на заводе Fab 12A в Тайнэне микросхемы на базе FinFET с использованием технологии 14 нм, которая включает такие современные элементы, как Fin module, High-k/Metal Gate stack, Low-k spacer, MoL, BEOL.

Технология 22 нм используется для производства популярных микросхем с низким энергопотреблением. В основном на базе этой технологии на заводах UMC выпускаются ПЭК для цифровых телевизоров, мониторов, беспроводных систем Bluetooth/Wi-Fi и других аналогичных приложений. Одной из наиболее популярных позиций, которые выпускаются на заводах UMC, являются драйверы панелей AMOLED с матрицами, составленными из органических светодиодов – OLED.

По оценкам аналитиков, такими панелями в ближайшие годы будет оснащено большинство смартфонов ведущих мировых производителей (рис. 10).

В настоящее время массово выпускать микросхемы драйверов AMOLED могут только Samsung, UMC и GlobalFoundries.

Производственные линии UMC позволяют выпускать некоторые типы микросхем как по технологии 22 нм, так и по технологии 28 нм (28 nm HKMG). В условиях острого дефицита комплектующих в 2020–2021 гг. концерн UMC увеличил выпуск продукции, полностью задействовав все ранее законсервированные линии. Тем самым была увеличена производительность линий 28 нм. Так, например, на заводе в Тайнэне выпуск продукции был доведен до 20 тысяч пластин в месяц [61].

Таким образом, удалось несколько уменьшить сроки поставки традиционной, широко используемой 28 нм

памяти SRAM (poly/oxynitride – H-K metal gate).

Поскольку всё ещё пользуются популярностью многие модели бытовой электроники, разработанные в начале 2000-х, у UMC остаются постоянные клиенты, которые заказывают простые ПЭК на базе технологий 40 нм, 55 нм, 65 нм и даже 90 нм. В частности, такие комплектующие в настоящее время с успехом применяются в недорогих автомобилях массового спроса. Также полупроводниковые компоненты с небольшой степенью интеграции на кристалле используются в дешёвой китайской бытовой электронике в простых системах управления питанием, драйверах дисплеев, кухонном оборудовании и т.д. Поэтому продажи UMC в этом сегменте рынка заметно выросли в период кризиса 2020–2021 годов [62].

В начале 2020 года, когда ведущие автомобильные производители начали массово менять свои заказы на ПЭК, концерн UMC совместно с Sensirion наладил производство комплектующих для медицинского оборудования, крайне необходимого для борьбы с COVID-19. В кратчайшие сроки были запущены линии, на которых начали выпускать микросхемы для температурных датчиков, предназначенных для контейнеров, в которых перевозилась вакцина против коронавируса. Также был организован выпуск ПЭК для датчиков потока, используемых в ИВЛ (рис. 11).

В качестве ещё одного значимого события можно упомянуть договор об обмене акциями между UMC и Chipbond. Согласно этому договору Chipbond передаст концерну UMC 67 152 322 свои новые обыкновенные акции в обмен на 61 107 841 новую обыкновенную акцию, выпущенную UMC, и 16 078 737 обыкновенных акций UMC, принадлежащих её дочернему предприятию Fortune Venture Capital. Коэффициент обмена акций составляет одну акцию UMC к 0,87 акции Chipbond. Таким образом, после завершения сделки по обмену акциями UMC и её дочерняя компания Fortune Venture Capital будут совместно владеть примерно 9,09% капитала Chipbond, а Chipbond будет владеть примерно 0,62% капитала UMC [64].

Фирма Chipbond Technology Corporation является одним из ведущих мировых производителей драйверов ЖК-дисплеев. Сотрудничество с Chipbond позволит концерну UMC не только улучшить своё финансовое положение, но также будет способство-



**Рис. 10.** По оценкам аналитиков, в ближайшие годы панелями AMOLED с матрицами, составленными из органических светодиодов OLED, будет оснащено большинство смартфонов ведущих мировых производителей [61]



**Рис. 11.** Расходомер Sensirion SFM3003 для измерения потока кислорода в ИВЛ [63]

вать развитию новых микросхем. Среди перспективных направлений, предусмотренных в совместных исследованиях UMC и Chipbond, можно выделить такие как масштабирование микросхем на уровне полупроводниковых пластин (WLCSP) с использованием технологии разветвлённой FOSiP и системы с перевёрнутым кристаллом FCSiP, модернизация структур управления питанием на основе нитрида галлия (GaN) и арсенида галлия (GaAs), карбида кремния (SiC) [64].

Кроме перечисленных мероприятий для выхода из состояния кризиса концерн UMC использовал ещё одно очень действенное средство. Концерн UMC заключил контракты, согласно которым некоторые из его крупнейших заказчиков разместили заказы на два года вперёд по фиксированным расценкам и внесли авансовые платежи на общую сумму около 2,3 млрд долл. США. Однако эта сделка таит в себе ряд опасностей. Если кризис и дефицит производства ПЭК затянутся еще на 1-2 года, то мировые цены на комплектующие будут расти, и UMC вынужден будет продавать свою продукцию по убыточным фиксированным расценкам. Кроме того, 2,3 млрд инвестированных долларов примерно соответствуют квартальному обороту фирмы. Это значит, что если UMC не сможет в следующие годы значительно увеличить свои доходы, то ему каким-то образом нужно будет покрывать эти авансовые платежи.



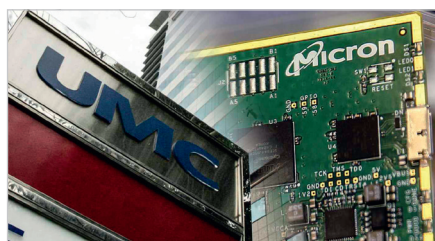


Рис. 12. Micron обвинил тайваньский концерн UMC в краже интеллектуальной собственности [66]

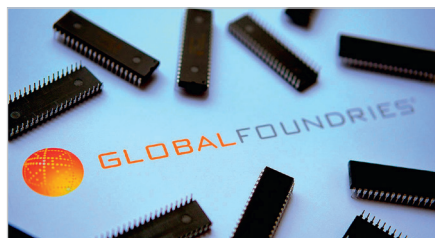


Рис. 13. Торговая марка GlobalFoundries

Тем не менее в результате предпринятых действий в IV квартале 2020 г. доходы UMC увеличились на 8,2% по сравнению с аналогичным периодом 2019 года и составили 1,59 млрд долл. США [65].

В конце ноября 2021 года United Microelectronics Corp и Micron Technology Inc урегулировали разногласия по гражданскому иску, в котором крупнейший американский производитель микросхем памяти Micron обвинил тайваньский концерн UMC в краже интеллектуальной собственности и передаче этой информации китайской фирме (рис. 12).

Нужно подчеркнуть, что Micron, Samsung и Hynix в совокупности контролируют около 90% производства динамической памяти DRAM [67].

Эта история является лишь одним из эпизодов торговой войны, которую США ведёт против фирм КНР, незаконно использующих в своей продукции интеллектуальную собственность, похищенную у американских компаний.

В мае 2016 года UMC объявила о начале технологического партнёрского проекта с Fujian Jinhua, в рамках которого должна была быть разработана специальная конструкция и технология производства DRAM. Руководителем проекта был назначен Чен Чжэнкунь (Chen Zhengkun), который нанял для работ по этому проекту сотрудников тайваньского филиала Micron. В результате нехитрых операций конфиденциальная информация о конструкции одной из моделей DRAM памяти Micron была передана концерну UMC. Руководителем проекта Чен Чжэнкунь стал президентом Fujian Jinhua и возглавил предприятие по производству памяти DRAM.

Таблица 4

Название	Подложка	Расположение	Максимальная производительность, шт/мес, 300 мм	Технология, нм
Fab 1	300 мм	Германия	80 000	55, 45, 40, 32, 28, 22, 12
Fab 7	300 мм	Сингапур	50 000	130...40
Fab 8	300 мм	Нью-Йорк, США	60 000	28, 20, 14
Fab 2	200 мм	Сингапур	НД	600...350
Fab 3/5	200 мм	Сингапур	НД	350...180
Fab 9	200 мм	Вермонт, США	НД	350...90

В сентябре 2018 года Федеральное жюри присяжных США (A Federal Grand Jury) предъявило концерну UMC и государственному предприятию КНР Fujian Jinhua (далее по тексту – Fujian Jinhua), а также трём физическим лицам обвинение в сговоре с целью кражи, хранения и последующей передачи фирме Fujian Jinhua украденной коммерческой тайны у американской компании (Micron Technology, Inc) [68].

При этом тайваньской и китайской компаниям грозил штраф в размере более 20 млрд долл. США.

Завод Fujian Jinhua стоимостью 5,6 млрд долл. США в китайском городе Цзиньцзян, финансируемый правительством КНР, должен был начать производство памяти DRAM в 2019 году. Однако правительство Соединенных Штатов через министерство торговли запретило всем фирмам США любые экспортные операции с китайской компанией Fujian Jinhua Integrated Circuits Ltd. Поэтому проект по производству DRAM на заводе Fujian Jinhua был приостановлен [69].

В октябре 2020 года концерн UMC пообещал оказать «существенную помощь» правительству США в этом деле и официально признал себя виновным в суде Сан-Франциско. Прокурор согласился снять с UMC наиболее серьёзные обвинения в экономическом шпионаже и заговоре против американской компании Micron Technology Inc. Со своей стороны, концерн UMC признал себя виновным в краже коммерческой тайны и согласился выплатить штраф в размере 60 млн долл. США [69...71].

Согласно совместному заявлению сторон, опубликованному в конце ноября 2021 года, UMC выплатит компенсацию, необходимую для урегулирования всех претензий между компаниями и их филиалами по всему миру. Размер компенсации не раскрывается [72]. Учитывая предстоящее погашение авансовых платежей и выплаты по иску Micron, можно ожидать, что следующие годы не будут для UMC столь безоблачными.

Американский концерн GlobalFoundries (GFS) по объёмам реализованной продукции в III квартале 2021 г. занял третье место в мире среди «чистых» контрактных производителей ПЭК. Этот концерн находится в частной собственности, принадлежащей двум акционерам: AMD и фонду Mubadala [73]. Торговая марка GlobalFoundries показана на рис. 13.

В 2008–2012 годах государственный суверенный фонд Абу-Даби Mubadala финансировал продажу заводов AMD фирме GlobalFoundries. Затем Mubadala заплатила 1,8 млрд долл. США за заводы Chartered Semiconductor в Сингапуре. Этот бизнес был объединён с GlobalFoundries. Следующим приобретением стал бизнес IBM по производству микросхем.

Производственные мощности GlobalFoundries размещены в Америке, Азии и Европе. Характеристики заводов GlobalFoundries приведены в табл. 4.

Основной доход, примерно 70%, приносят заводы, расположенные в США. Европейские заводы дают около 10% дохода. Остальные доходы GFS получает из Сингапура.

Производственные линии GlobalFoundries имеют лицензию федерального правительства США «Trusted Foundry», которая даёт фирме возможность размещать на своих заводах Fab 9 и Fab 10 заказы министерства обороны. Следует отметить, что завод Fab 10 в Ист-Фишбилле находится в процессе продажи фирме ON Semiconductor.

В октябре 2021 года GlobalFoundries объявила о долгосрочном стратегическом партнёрстве с Министерством обороны США (DOD) по производству чипов на заводе Fab 8 в штате Нью-Йорк. Это означает, что Fab 8, самое передовое производство GF, сможет производить чипы с жёстким экспортным контролем. После того как Fab 10 будет аккредитован, он сможет присоединиться к списку предприятий США Trusted Foundry, которые могут гарантировать соответствующее качество и конфиденциальность сделки во время производства (рис. 14).

В своих маркетинговых материалах GlobalFoundries подчёркивает, что основные направления его деятельности связаны с узкоспециализированными областями электронной промышленности. В отличие от TSMC, концерн GlobalFoundries не стремится развивать новые 7 нм, 5 нм и 3 нм технологии, считая приоритетными направления, связанные с масштабированием специализированных нишевых приложений на базе 12-, 14-, 22-, 40-нанометровых технологий. Среди таких направлений можно отметить трёхслойные подложки со структурой кремний-диэлектрик-кремний (Silicon on insulator – RF SOI); подложки на основе полностью обеднённого кремния на изоляторе (FD-SOI/FDX); многофункциональные КМОП-матрицы на основе (Bipolar-CMOS-DMOS); кремниевые германиевые транзисторы SiGe BiCMOS и GaN на Si; FinFET-транзисторы; устройства кремниевой фотоники (SiPh).

Такой подход позволяет удерживать ключевых клиентов, таких как AMD, Qualcomm, MediaTek, NXP, Qorvo, Cirrus Logic, Skyworks, Murata, Samsung, Broadcom и других. Например, большинство чипов NFC производится на заводах GlobalFoundries на технологической платформе многофункциональных КМОП-матриц.

Технология полностью обеднённого кремния на изоляторе FDX является оптимальным вариантом для микросхем, предназначенных для устройств со сверхнизким энергопотреблением (5G, автомобильная электроника, батарейные устройства IoT, спутниковая связь, ячейки памяти и др). Транзисторы SiGe BiCMOS и GaN на Si широко используются в ПЛИС, предназначенных для усилителей мощности, высокочастотных устройств, оптических и беспроводных сетей, телекоммуникационных устройств. В 2021 году GlobalFoundries завершила модернизацию своего узла FDX-RF в технологической цепочке FD-SOI. Эта линия ориентирована на изготовление микросхем входных радиочастотных блоков микро мощных беспроводных систем на кристалле миллиметрового диапазона. В ближайшем будущем GlobalFoundries планирует значительно расширить сотрудничество с Qualcomm в рамках создания интерфейсных радиочастотных (RF) решений для телефонов 5G и других аналогичных устройств, которые могут работать со скоростью более 1 Гбит/с и монтироваться в тонкие корпуса, которые потре-



Рис. 14. Завод GlobalFoundries Fab 8 имеет лицензию «Trusted Foundry» [74]

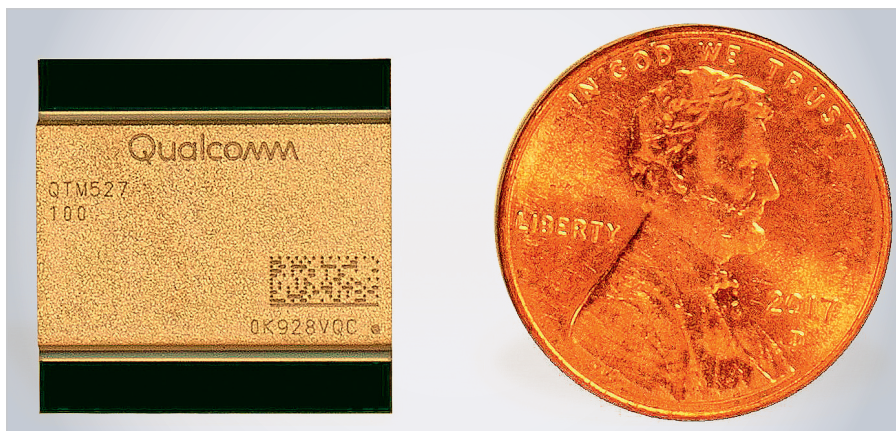


Рис. 15. GlobalFoundries расширит сотрудничество с Qualcomm в рамках создания интерфейсных радиочастотных (RF) решений для телефонов 5G [75]

бители привыкли ожидать от смартфонов 4G LTE (рис. 15).

Одним из наиболее перспективных направлений GlobalFoundries считает производство ПЛИС и ПЭК для оптической связи и LiDAR на базе кремниевой фотоники (Silicon Photonics). Эта технология позволяет создавать ПЛИС, содержащие на одном кристалле кремниевые электронные цепи, полупроводниковые лазеры и оптические элементы. Такие устройства позволят в будущем отказаться от медных проводов в сложных электронных системах, предназначенных для гражданской и военной авиации. В этом плане можно отметить новую фирму Lightmatter, специализирующуюся в области кремниевой фотоники и искусственного интеллекта, которая использует GlobalFoundries для производства вычислительного ядра своей платформы. Эта платформа, представляющая собой единый интегрированный стек для поддержки фотонных и логических вычислений, позволила Lightmatter добиться многократного преимущества в таких важнейших параметрах процессов матричных вычислений, как пропускная способность, потребляемая мощность и задержки [76]

В контексте производства микросхем специального назначения для аэрокосмических и военных приложений можно отметить контракты GlobalFoundries с американским лидером в этой области: концерном Raytheon Technologies (рис. 16). В рамках совместных исследований разрабатываются новые полупроводниковые структуры с использованием нитрида галлия на кремнии (GaN-Si), предназначенные для новых приложений беспроводной связи 5G и 6G [77].

Концерн GlobalFoundries заметно пострадал на первом этапе кризиса, поскольку многие его заказчики были ориентированы на автомобильный рынок. Так, один из его крупнейших клиентов, фирма AMD, сократила объём своих заказов в 2020 году на 7% по сравнению с 2019 годом. Производственные мощности GlobalFoundries работали последние годы с очень низкой эффективностью. Коэффициент технического использования оборудования (utilization rate) в 2018, 2019, 2020 годах составлял соответственно 80%, 70%, 84%. Для сравнения можно взять данный параметр у TSMC и UMC, который был в 2020 году больше 95%.





**Рис. 16.** GlobalFoundries совместно с ведущим производителем электроники для аэрокосмических и военных приложений концерном Raytheon Technologies разрабатывает новые микросхемы для 5G и 6G

На втором этапе кризиса в 2021 году GlobalFoundries испытывал заметные задержки с поставками подложек для своих производственных линий с технологией SOI (кремний на изоляторе), поскольку в 2020–2021 годах заметно выросли сроки поставки у японских производителей подложек SOI.

Фирма GlobalFoundries вынуждена была увеличить закупки этой продукции у французской фирмы Soitec, которая является крупнейшим в мире поставщиком пластин FD-SOI, FD-SOI, FinFET-SOI (200...300 мм) [78].

Доля GlobalFoundries в заказах Soitec достигла в 2020 году 52% от общего объёма заказов этой фирмы.

В это же время обострились взаимоотношения с двумя крупнейшими заказчиками IBM и AMD, которые отказались от услуг GlobalFoundries и разместили свои новые заказы на заводах TSMC и Samsung. Одновременно возобновились старинные споры и взаимные обвинения, в результате чего концерн IBM подготовил иск на 2,5 млрд долл. США. Выдвигаемые претензии были связаны с нарушением условий контракта с GlobalFoundries от 2015 года, когда компания приобрела у IBM подразделения микроэлектроники International Business Machines Corp, а также производственные мощности в Берлингтоне, Вирджиния, и Ист-Фишкилле, Нью-Йорк [79].

Два года пандемии, и проблемы на автомобильном рынке стали для GlobalFoundries источником серьёзных финансовых проблем. Объём продаж составил в 2019 году 5,81 млрд долл.

США, а убытки – 1,37 млрд долл. США. В 2020 году ситуация стала ещё хуже: продажи 4,85 млрд долл. и убытки 1,35 млрд долл. США [80].

Не улучшилась ситуация и в 2021 году, когда разница между ценой и себестоимостью основного товара (margin) достигла отрицательных значений.

В качестве одного из средств выхода из кризиса фирма использует систему предварительных заказов. Так, например, GlobalFoundries, воспользовавшись нехваткой микросхем, заключила контракты на поставки в 2022–2023 годах и получила на эти цели около 10 млрд долларов авансовых платежей. Кроме того, в 2021 году сократилось финансирование новых уже ведущихся разработок [81, 82].

В 2019 и 2020 годах по результатам III квартала убытки GlobalFoundries составили соответственно 350 млн и 293 млн долл. США.

В сложившейся ситуации руководство GlobalFoundries объявило о продаже части активов. В 2019 году был инициирован процесс продажи фирме ON Semiconductor за 430 млн долл. США завода Fab 10 в Ист-Фишкилле, штат Нью-Йорк, США, который раньше был основным производством IBM Microelectronics. Сделка должна быть полностью завершена к концу 2022 года [83].

В начале октября 2021 года GlobalFoundries совместно с инвесторами инициировала процесс формирования IPO с последующим выходом на биржу NASDAQ в Нью-Йорке. Подготов-

кой и реализацией процесса IPO занимаются Morgan Stanley, Bank of America Corp, JPMorgan Chase & Co, Citigroup Inc, Credit Suisse Group AG. Ожидается, что акции GlobalFoundries начнут торговаться на Nasdaq под символом GFS в начале декабря 2021 г. При этом Mubadala должна будет контролировать более 89% акций GFS после завершения первичной публичной продажи акций (IPO) [84].

Согласно отчёту Bloomberg от 28 октября 2021 года, концерн GlobalFoundries Inc и её основной акционер Mubadala Investment Co уже продали 55 млн акций, выручив таким образом почти 2,6 млрд долл. США в ходе первичного публичного размещения акций (IPO). Среди покупателей акций можно назвать такие фирмы, как Qualcomm Inc и Silver Lake, а также управляющие фонды: BlackRock Inc., Columbia Management Investment Advisers, Fidelity Management, дочерняя компания Koch Industries Inc [85].

После тщательных подсчётов 30 октября 2021 года GlobalFoundries проинформировал инвесторов о том, что в результате предпринятых мер, впервые за последние три года, концерну удалось покончить с убытками, и III квартал завершён с чистой прибылью в размере 299 млн долл. США. Доход GFS за III квартал 2021 г. составил 1,7 млрд долл. США [86].

Перспективу своего развития GFS связывает прежде всего с расширением производства на территории США. Так, GlobalFoundries намерена построить новый завод в штате Нью-Йорк. Кроме того, в планах GFS на 2022 год одними из наиболее приоритетных задач являются модернизация предприятий в Германии и реконструкция сингапурских фабрик [87]. Значительную часть финансирования руководство фирмы надеется получить в рамках новой национальной программы США по развитию предприятий электронной промышленности на территории страны. Основная маркетинговая идея GlobalFoundries заключается в том, что для того, чтобы избежать повторного кризиса в будущем, необходимо организовать мощные предприятия по производству ПЭК в США и ЕС. В 2019, 2020 и первой половине 2021 года GlobalFoundries получила 698 млн долл. США государственных субсидий на развитие производствен-

ных мощностей, НИР и ОКР. Более подробную информацию о финансовом положении GlobalFoundries можно найти на сайте [88, 89].

Стоит обратить внимание на новый совместный проект с Ford. Ведущий автомобильный гигант Ford понёс значительные убытки из-за дефицита автомобильных ПЭК. Поскольку проблемы с этими комплектующими могут продлиться ещё несколько лет, концерн Ford заключил стратегическое соглашение с GlobalFoundries о разработке автомобильных чипов. С одной стороны, это партнёрское сотрудничество в краткосрочной перспективе поможет увеличить выпуск автомобильных чипов для Ford. С другой стороны, в перспективе может быть организовано совместное производство GlobalFoundries–Ford новейших чипов для автомобильной электроники непосредственно на территории США [90].

Подводя итог первой части статьи, можно говорить о том, что практически все цитированные источники предполагают, что COVID-19 был тем триггерным механизмом, который на первом этапе вызвал кризис глобальной мировой логистики. Проблемы доставки грузов привели к дефициту комплектующих, сырья и оборудования практически во всех областях промышленности. В полном соответствии с классической теорией экономики пропорционально снижению степени доступности дефицитных товаров выросли и цены на них.

Благодаря тому, что основная часть производства полупроводниковых электронных компонентов в настоящее время сосредоточена в странах Азии, возник крайне острый дефицит таких изделий в Европе и Америке. В результате значительные убытки понесли потребители этих комплектующих. Производители ПЭК, наоборот, закончили 2021 год со значительной прибылью. Как справедливо утверждают многочисленные эксперты, эпидемия COVID-19 и проблемы логистики вряд ли закончатся в наступающем году. А это значит, что дефицит и рост цен будут продолжаться в течение времени, которое сейчас никто точно предсказать не может.

Ведущие контрактные производители TSMC, UMC, GF, рассмотренные в этой части статьи, намерены значительно увеличить свои производственные мощности. Однако на это может потре-

боваться несколько лет. Кроме того, можно ожидать, что некоторые фирмы категории Fabless Companies также займутся производством ПЭК. Например, Qualcomm упоминал о таких планах.

Все фирмы, которые реально производят полупроводниковые электронные компоненты в виде полностью законченных деталей, делятся на два больших класса.

1. Фирмы «Semiconductor Contract Manufacturing Company» изготавливают продукцию по контрактам и патентам других фирм на собственных предприятиях (другое название – «Pure-Play Foundry Business»). Ведущие мировые производители этого класса: TSMC, GlobalFoundries и UMC. Основные этапы деятельности этих фирм рассмотрены в первой части статьи.
2. Фирмы «Integrated Device Manufacturers» (IDM) разрабатывают собственную полупроводниковую продукцию и изготавливают её на принадлежащих им предприятиях. Кроме электронных компонентов эти фирмы производят также законченные электронные устройства, в которых используются также комплектующие других производителей. Мировые лидеры этой группы – Samsung, Intel, Texas Instruments. О том, как эти фирмы переживают кризис, вызванный пандемией COVID-19, будет рассказано во второй части статьи.

## Литература

3. URL: <https://www.nepia.com/industry-news/coronavirus-outbreak-impact-on-shipping/>.
4. URL: <https://www.abc.net.au/news/2021-10-29/what-is-the-great-shipping-container-shortage-covid-christmas/100550198>.
5. URL: <https://www.investmentmonitor.ai/analysis/covid-global-shipping-container-shortage>.
6. URL: [https://www.umc.com/upload/media/08\\_Investors/Financials/Quarterly\\_Results/Quarterly\\_2020-2029\\_English\\_pdf/2021/Q3\\_2021/UMC21Q3\\_report.pdf](https://www.umc.com/upload/media/08_Investors/Financials/Quarterly_Results/Quarterly_2020-2029_English_pdf/2021/Q3_2021/UMC21Q3_report.pdf).
7. URL: <https://www.statista.com/chart/25552/semiconductor-manufacturing-by-location/>.
8. URL: <https://www.theguardian.com/business/2020/mar/06/jaguar-land-rover-hit-by-85-sales-slump-in-china-due-to-coronavirus>.
9. URL: <https://www.cbsnews.com/news/semiconductor-chip-shortage-60-minutes-2021-08-29/>.

10. URL: <https://www.wsj.com/articles/store-shelves-stripped-of-laptops-as-coronavirus-increases-working-from-home-11584534112>.
11. URL: <https://www.pcworld.com/article/3513952/the-pc-market-once-left-for-dead-actually-grew-during-2019.html>.
12. URL: <https://ru.reuters.com/article/gc07/idUKKBN20D2AA>.
13. URL: <https://www.sourcetoday.com/news/article/21125528/impact-of-coronavirus-on-distributors-of-electronic-components>.
14. URL: <https://ipc2u.com/articles/knowledge-base/shortage-on-the-global-market-of-electronic-components-whos-to-blame-and-what-to-do/>.
15. URL: <https://finance.yahoo.com/news/chip-lead-times-begin-slow-155824956.html>.
16. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-10-26/chip-lead-times-begin-to-slow-suggesting-shortages-have-peaked>.
17. URL: <https://www.fiercееlectronics.com/electronics/chip-crunch-lead-times-up-to-52-weeks-stability-by-mid-2023>.
18. URL: [https://www.theregister.com/2021/11/18/cisco\\_q1\\_22/](https://www.theregister.com/2021/11/18/cisco_q1_22/).
19. URL: [https://www.theregister.com/2021/11/04/arista\\_juniper\\_q3\\_price\\_rises/](https://www.theregister.com/2021/11/04/arista_juniper_q3_price_rises/).
20. URL: <https://www.investmentmonitor.ai/analysis/covid-global-shipping-container-shortage>.
21. URL: <https://www.freightos.com/>.
22. URL: <https://www.xeneta.com/blog/whats-driving-container-rates-right-now>.
23. URL: <https://www.abc.net.au/news/2021-10-29/what-is-the-great-shipping-container-shortage-covid-christmas/100550198>.
24. URL: <https://www.seatrade-maritime.com/containers/survival-nvoccs-container-shortage-and-logistics-under-covid-19>.
25. URL: <https://www.seatrade-maritime.com/ports-logistics/record-79-containerships-queued-lalong-beach-ports>.
26. URL: <https://ipc2u.com/articles/knowledge-base/shortage-on-the-global-market-of-electronic-components-whos-to-blame-and-what-to-do/>.
27. URL: <https://ipc2u.com/articles/knowledge-base/shortage-on-the-global-market-of-electronic-components-whos-to-blame-and-what-to-do/>.
28. URL: <https://www.fool.com/earnings/call-transcripts/2021/11/01/arista-networks-anet-q3-2021-earnings-call-transcr/>.
29. URL: <https://sensorsconverge2021.sched.com/list/descriptions/>.
30. URL: <https://www.wsj.com/articles/worlds-largest-chip-maker-to-raise-prices-threatening-costlier-electronics-11629978308>.

31. URL: <https://www.zdnet.com/article/hunker-down-the-chip-shortage-and-higher-prices-are-set-to-linger-for-a-while/>.
32. URL: <https://english.etnews.com/20211115200001>.
33. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-01/nxp-gives-bullish-outlook-on-efforts-to-increase-chip-supply>.
34. URL: <https://www.ft.com/content/d9a0ff69-f032-4bcd-93cb-5c65c9269871>.
35. URL: <https://www.cnbc.com/2021/09/23/chip-shortage-expected-to-cost-auto-industry-210-billion-in-2021.html>.
36. URL: <https://www.supplychainbrain.com/articles/33543-carmakers-chip-crisis-isnt-getting-better-suppliers-say>.
37. URL: <https://www.sourcengine.com/blog/renesas-increases-production-raising-prices-due-automotive-chip-crisis-2021-02-03>.
38. URL: <https://auto.economictimes.indiatimes.com/news/auto-components/chip-shortage-to-cost-automakers-110-billion-in-revenues-in-2021-alixpartners/82625724>.
39. URL: <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20210224-10675.html>.
40. URL: <https://ru.depositphotos.com/stock-photos/tsmc-logo.html>.
41. URL: <https://www.taiwannews.com.tw/en/news/4315759#:~:text=TSMC's%20consolidated%20revenue%20for%20the,increase%20year-over-year>.
42. URL: <https://www.anandtech.com/show/15420/tsmc-boosts-capex-by-1-billion-expects-5n-node-to-be-major-success>.
43. URL: <https://pr.tsmc.com/english/news/2889>.
44. URL: <https://www.tsmc.com/english/news-events/blog-article-20200803>.
45. URL: <https://techtaiwan.com/20211201/tsmc-3nm-hetero>.
46. URL: <https://www.anandtech.com/show/16024/tsmc-details-3nm-process-technology-details-full-node-scaling-for-2h22>.
47. URL: <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-semiconductors-chips-shortage/>.
48. URL: <https://www.wsj.com/articles/qualcomm-sees-path-out-of-chip-shortage-stretching-into-2022-11627504790>.
49. URL: <https://www.broadcom.com/solutions/industrial-automotive/automotive-solutions>.
50. URL: <https://www.amd.com/en/products/embedded-automotive-solutions>.
51. URL: <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-semiconductors-chips-shortage>.
52. URL: <https://www.refinitiv.ru/ru/about-us>.
53. URL: <https://www.theverge.com/2021/1/13/22229497/qualcomm-apple-nuvia-acquisition-cpu-chip-design-data-center>.
54. URL: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-confirms-talks-to-build-Japan-chip-plant>.
55. URL: <https://techtaiwan.com/20211104/tsmc-apple-a16/>.
56. URL: <https://www.reuters.com/article/tsmc-results-idCNL1N2RA0A4>.
57. URL: <https://www.theverge.com/2021/8/26/22642627/tsmc-chip-price-increase-supply-shortages-apple-qualcomm>.
58. URL: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-eyes-plans-for-first-chip-plant-in-Japan>.
59. URL: <https://slate.com/news-and-politics/2021/11/china-taiwan-invasion-philip-davidson-military-threat.html>.
60. URL: <https://www.umc.com/en>.
61. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/2021027005443/en/UMC-Reports-Third-Quarter-2021-Results>.
62. URL: <https://www.usjpc.com/en/news/topics-e/20201001e>.
63. URL: <https://mob-mobile.ru/statya/9638-chto-takoe-amoled-displey-v-smartfone.html>.
64. URL: [https://www.umc.com/en/StaticPage/about\\_overview](https://www.umc.com/en/StaticPage/about_overview).
65. URL: [https://www.umc.com/en/News/press\\_release/Content/technology\\_related/20210308](https://www.umc.com/en/News/press_release/Content/technology_related/20210308).
66. URL: <https://www.eetasia.com/umc-and-chipbond-to-establish-strategic-cooperation/>.
67. URL: <https://www.taipeitimes.com/News/biz/archives/2020/12/08/2003748296>.
68. URL: <https://asia.nikkei.com/Economy/Trade-war/Taiwan-s-UMC-to-pay-60m-fine-to-settle-US-trade-secrets-case>.
69. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-25/taiwan-s-umc-pays-to-settle-tech-theft-litigation-with-micron>.
70. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/taiwan-company-pleads-guilty-trade-secret-theft-criminal-case-involving-prc-state-owned>.
71. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-10-28/taiwan-s-umc-to-help-u-s-prosecute-chinese-firm-over-secrets>.
72. URL: <https://www.techpowerup.com/249056/us-bans-exports-to-chinese-dram-maker-fujian-jinhua-citing-national-security-interests>.
73. URL: <https://npl971975.wordpress.com/2019/01/05/suu-tam-exclusive-taiwans-umc-to-scale-down-chip-project-with-chinese-partner>.
74. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-25/taiwan-s-umc-pays-to-settle-tech-theft-litigation-with-micron>.
75. URL: <https://www.mubadala.com/en/who-we-are/about-the-company>.
76. URL: <https://www.forbes.com/sites/willyshih/2021/02/15/globalfoundries-to-build-secure-chips-for-dod-in-upstate-new-york/?sh=41b6e6855726>.
77. URL: <https://www.notebookcheck.net/Qualcomm-unveils-the-new-QTM527-mmWave-antenna-module-for-the-Snapdragon-X55-modem.434479.0.html>.
78. URL: <https://lightmatter.co/>.
79. URL: <https://www.techpowerup.com/282386/raytheon-technologies-and-globalfoundries-partner-to-accelerate-5g-wireless-connectivity-using-gallium-nitride-on-silicon-gan-on-si>.
80. URL: <https://www.soitec.com/en/>.
81. URL: <https://www.timesunion.com/business/article/Judge-tosses-IBM-s-fraud-claims-against-16464321.php>.
82. URL: <https://www.marketwatch.com/story/globalfoundries-ipo-5-things-to-know-about-the-chip-company-going-public-in-a-semiconductor-shortage-11634834944>.
83. URL: <https://semianalysis.com/globalfoundries-is-a-leading-edge-foundry-despite-claims-otherwise/>.
84. URL: <https://semianalysis.com/globalfoundries-gfs-ipo-mubadala-lost-over-22-4b-now-they-are-hoping-public-markets-bail-them-out/>.
85. URL: <https://www.globest.com/2019/04/22/globalfoundries-to-sell-east-fishkill-ny-semiconductor-plant-for-430m/?slreturn=20211025080159>.
86. URL: <https://www.marketwatch.com/story/globalfoundries-ipo-5-things-to-know-about-the-chip-company-going-public-in-a-semiconductor-shortage-11634834944>.
87. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-10-27/globalfoundries-mubadala-raise-2-6-billion-in-top-of-range-ipo>.
88. URL: <https://gf.com/press-release/globalfoundries-reports-third-quarter-2021-financial-results>.
89. URL: <https://gf.com/news-events/globalfoundries-press-releases>.
90. URL: <https://semianalysis.com/globalfoundries>.
91. URL: <https://semianalysis.com/globalfoundries-gfs-ipo-mubadala-lost-over-22-4b-now-they-are-hoping-public-markets-bail-them-out/>.
92. URL: <https://www.washingtonpost.com/business/2021/11/18/ford-computer-chip-globalfoundries/>.







## ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ

16 февраля

**ПТА – Екатеринбург**

Novotel Екатеринбург Центр

30 марта

**ПТА – Казань**

Отель Ramada Kazan City Centre

25 мая

**ПТА – Санкт-Петербург**

Отель Holiday Inn St. Petersburg

28 сентября

**ПТА – Уфа**

Nesterov Plaza Hotel

26 октября

**ПТА – Новосибирск**

Отель «Новосибирск Марриотт»

# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2022

**Специализированные  
конференции**

- Промышленная автоматизация
- Цифровизация производства
- Искусственный интеллект
- Интернет вещей и большие данные
- Информационная безопасность
- Автоматизация зданий и инженерных систем