

Микроэлектроника и государственная политика высокотехнологичных стран: «национализация» взамен глобализации

А. Брыкин¹, д. э. н., М. Макушин²

УДК 621.37 | ВАК 05.27.01

Глобализация во многом стала следствием однополярного миропорядка. В ее рамках вынос производства в менее развитые страны с целью снижения издержек в определенный период являлся естественным процессом. Возвращение к многополярности повысило значение отраслей, определяющих научно-технический прогресс с точки зрения, как обеспечения конкурентоспособности национальных экономик, так и национальной безопасности. Основной отраслью, ставшей узловой в глобальном экономическом и геополитическом противостоянии, стала микроэлектроника и ореол технологий, обеспечивающих ее развитие. Неудивительно, что две крупнейшие экономики мира, США и КНР, стремятся создать замкнутые и самодостаточные экосистемы в рамках микроэлектроники и смежных с ней высокотехнологичных отраслей промышленности.

По мере превращения КНР в «мировой завод» к фирмам, разместившим там свои производства, ужесточались требования по локализации со стороны национального правительства. Первоначально доля в готовой продукции местных компонентов была не менее 40%, затем – не менее 60%. От года к году шло поступательное развитие китайской микроэлектроники – сначала за счет филиалов иностранных фирм, затем путем создания совместных предприятий с ними, предполагающего передачу технологий, и, наконец, создания условно самодостаточных китайских производителей интегральных схем (ИС).

КНР, как, впрочем, и целый ряд азиатских стран, предоставляла значительные льготы и преференции своим производителям, стимулировавшие перенос или создание «с нуля» мощностей по производству ИС, возвращая национальных чемпионов с явным прицелом на международные рынки сбыта.

По мере роста автоматизации производства ИС и повышения оплаты труда в КНР для контрактных производств и фабрик привлекательнее становились и другие страны (Вьетнам, Малайзия, Таиланд). Одновременно с этим многие американские средние и малые фирмы превращались в fabless-фирмы, ориентированные только

на дизайн ИС. За производство все больше стали отвечать кремниевые заводы стран Юго-Восточной Азии (foundry, контрактное производство ИС). Гегемония владельцев прав на интеллектуальную собственность постепенно стала размываться, так как доступ к производственным мощностям становился одним из основных факторов конкурентоспособности поставщиков-разработчиков ИС.

К началу 2020-х годов сложилась ситуация, когда американские фирмы стали во многом зависеть от азиатских кремниевых заводов. Более того, «маяк» американской микроэлектроники, корпорация Intel, технологически отстала от Samsung и TSMC. Последние являются единственными производителями 7-нм и 5-нм ИС, а Intel только к середине 2020 года сумела решить проблемы с освоением производства 10-нм ИС. Это в сочетании с превращением КНР во вторую экономику мира (с перспективой перехода на 1-е место) и освоением в «Поднебесной» полупроводниковых технологий с 14/12-нм проектными нормами вызвало сильнейшее беспокойство американских властей.

США НАЦЕЛИЛИСЬ НА СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Тенденции глобализации привели к тому, что доля США в производстве ИС упала с 37% в 1990 году до 12% в 2020-м с перспективой снижения до 10% к 2030 году. При этом по парку установленного полупроводникового оборудования КНР обогнала США (рис. 1) в 2017 году. По результатам 2021 года Китай может обогнать Японию и приблизиться к Южной Корее [1, 2].

¹ АО «ЦНИИ «Электроника», генеральный директор, профессор Финансового университета при Правительстве РФ, профессор НИЯУ МИФИ.

² АО «ЦНИИ «Электроника», главный специалист, mmackushin@gmail.com.

Государственная поддержка. Законодательное обеспечение превосходства

Для стимулирования развития микроэлектроники США был принят целый ряд мер: от внешнеполитических до законодательных. Так в США был принят «Закон о создании полезных инициатив по стимулированию разработки и производства полупроводниковых приборов в Америке» (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act, CHIPS for America Act), подписанный в январе 2021 года Д. Трампом (табл. 1). Речь в законе ведется о выделении 52 млрд долл. на развитие микроэлектроники.

Законодательные меры реагирования также проявились в законах «О содействии производству полупроводниковых приборов в Америке» (Facilitating American-Built Semiconductors, FABS Act) и «Об инновациях и конкуренции» (U. S. Innovation and Competition Act, USICA).

CHIPS for America Act и FABS Act вводят инвестиционный налоговый кредит для стимулирования производства ИС в США, выделяют средства на строительство и модернизацию соответствующих мощностей и проведение НИОКР. Закон USICA направлен на борьбу с экономическими, военными и технологическими возможностями КНР.

Страна / регион	Установленные мощности*, млн пластин / месяц	Доля в мировом парке, %
Тайвань	4,208	21,6
Южная Корея	4,079	20,9
Япония	3,114	16,0
КНР	2,709	13,9
Северная Америка	2,492	12,8
ЕС	1,140	5,8
Прочие страны**	1,765	9,0
Всего	19,507	100

* В эквиваленте пластин диаметром 200 мм
 ** В первую очередь Сингапур, Израиль и Малайзия, но также учтены и Россия, Беларусь и Австралия

Рис. 1. География установленных мощностей по состоянию на декабрь 2019 года

Таблица 1. Основные положения закона «О создании полезных инициатив по стимулированию разработки и производства полупроводниковых приборов в Америке» (CHIPS for America Act)

Положение закона	Содержание
Введение инвестиционного налогового кредита (ИТС)	Введение 40% возмещаемого ИТС для аттестованного полупроводникового оборудования (введенного в эксплуатацию) или любых аттестованных инвестиционных расходов на производство ИС до 2024 г. В дальнейшем ИТС сокращается до 30% в 2025 г., 20% в 2026-м и поэтапно отменяется в 2027-м
Создание федеральной программы согласования и дополнения мер стимулирования штатов и местных властей	Согласования и дополнения мер стимулирования строительства современного кремниевого завода. Бюджет федеральной программы – 10 млрд долл.
Создание Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) новой программы в области полупроводниковых приборов	Развитие в США современной производственной базы, рабочей силы в рамках программы STEM, кластеризация экосистем, борьба за лидерство США в области 5G, корпусирования и тестирования ИС
Расширение прав Министерства обороны США	Дается право финансирования НИОКР, обучения рабочего персонала, испытаний и оценки программ и проектов в области полупроводниковых технологий
Учреждение целевого (доверительного) фонда международного консорциума (со странами-партнерами) в области микроэлектроники	Координация политики в сфере микроэлектроники, обеспечение прозрачности в цепочках поставок и большей согласованности в отношении стран с плановой экономикой. Бюджет – 750 млн долл. на 10 лет
Создание подкомитета по обеспечению лидерства в области полупроводниковых приборов в составе Национального совета по науке и технике (NSTC)	Цель – поддержание ведущих позиций США в области полупроводниковых технологий и инноваций, координация программ НИОКР по микроэлектронике

Бюджет – 250 млрд долл., из них 52 млрд на микроэлектронику: 39 млрд для стимулирования (гранты) строительства или расширения заводов по производству ИС; 10,5 млрд – на НИОКР; 2 млрд – на поддержку Министерства обороны США (исследования, испытания и развитие рабочей силы совместно с промышленностью и университетами); 0,5 млрд – Госдепартаменту и международным агентствам (США) для координации с союзниками расширения цепочек поставок ИС и новых технологий [3–5].

Кроме того, в комплексе мер государственной поддержки США действует «Закон о безграничных перспективах» (Endless Frontier Act), выделяющий в течение пяти лет на фундаментальные исследования в областях искусственного интеллекта, полупроводниковых приборов, квантовых вычислений, перспективных средств связи, биотехнологий и перспективных энергетических технологий 110 млрд долл. Дополнительно правительство США планирует выделить 10 млрд долл. на создание не менее 10 региональных технологических центров. Указанный комплекс мер – своеобразный ответ политике Пекина на фоне обостряющейся конкуренции между двумя странами.

Правительство КНР не установило конкретную сумму расходов на фундаментальные исследования, но в XIV пятилетнем плане (2021–2025 гг.) заложен показатель 8% от общего объема расходов НИОКР. По данным ОЭСР инвестиции КНР на фундаментальные исследования в 2018 году составили 0,12% ВВП (~16,1 млрд долл.) по сравнению с 0,47% в США (~96 млрд долл.) и 0,41% в Японии (20,4 млрд долл.) [6].

Совершенствование экспортного контроля и усиление санкций

Экспортный контроль США является стратегическим инструментом и одним из действенных средств защиты национальной безопасности. Его эффективность во многом зависит от интеграции с другими инструментами реализации национальной политики в рамках единой стратегии. Кроме того, его применение в одностороннем порядке все же приходится осуществлять с учетом интересов других стран-производителей полупроводниковых приборов, являющихся союзниками США.

Преимущества одностороннего подхода к экспортному контролю в скорости введения, широком охвате (за счет экономической мощи и технологического лидерства США), экстерриториальности (воздействии через фирмы, используемые для производства или оказания услуг американское оборудование, материалы, ПО, САПР и т.п.) и, наконец, в том факте, что более 89% полупроводникового оборудования и 90% материалов, произведенных в США, экспортируются. Недостатки – во многом обратная сторона его достоинств:

- неэффективность при наличии иностранных аналогов;

- сокращение доходов, а значит, и средств для НИОКР и поддержания технологического лидерства;
- потеря возможности отслеживания технологического уровня иностранных производителей, экстерриториальность и экспортный потенциал (более 89 и 90%).

Использование одностороннего контроля при наличии аналогов американских технологий подрывает веру в их надежность и доступность, клиенты уходят к конкурентам, американские фирмы переходят к разработке технологий за рубежом, а иностранные фирмы даже стран-союзниц продают свои товары как «свободные от американского экспортного контроля», размывая предполагаемый эффект.

Экстерриториальный подход, ограничивающий неамериканским фирмам использование материалов, оборудования, технологий американского происхождения для оказания услуг и выполнение заказов сторонних организаций, провоцирует ответные меры других стран. Так 9 января 2021 года министерство торговли КНР опубликовало «Правила о противодействии необоснованному экстерриториальному применению иностранного законодательства и других мер» (Rules on Counteracting Unjustified Extraterritorial Application of Foreign Legislation and Other Measures), которые позволяют требовать возмещения убытков от иностранных компаний, соблюдающих экстерриториальные меры других стран (в основном США).

Многосторонний подход, к которому всё более вынужденно склоняются американские власти, формируя антикитайский альянс в сфере высоких технологий, обладает преимуществами создания равных условий игры для участников альянса, максимизируя эффективность воздействия, минимизируя ущерб национальной безопасности и экономической конкурентоспособности. Его отрицательные стороны:

- трудность и длительность согласований, отсутствие у партнеров аналогов американскому «Перечню запрещенных организаций» (Entity List);
- появление уникальных препятствий для покупки и использования технологий американского происхождения.

Можно констатировать, что используются оба подхода – первый в качестве оперативного реагирования, второй – в качестве долгосрочного инструмента [7].

В то же самое время в дополнение к экспортному контролю в США расширяется санкционная политика. Если в прошлом году главной целью политического, технологического и экономического давления со стороны правительства США была корпорация Huawei и ее полупроводниковое отделение HiSilicon, то в апреле 2021 года в черные списки Минторга США попали еще три фирмы (Phytium Information Technology, Shanghai High-Performance Integrated Circuit Design Center и Sunway Microelectronics), занимающиеся проектированием ИС

для нужд Народно-освободительной армии Китая (НОАК), а также четыре национальных суперкомпьютерных центра (в городах Уси, Цзинань, Чжэнчжоу и Шэньчжэнь), специализирующихся на создании суперкомпьютеров для нужд НОАК [8].

Институциональные изменения в обеспечение национальной доминанты

В марте 2021 года министерство торговли США запросило у отраслевых ассоциаций комментарии относительно укрепления национальной экосистемы проектирования и производства полупроводниковых приборов.

В комментариях SEMI (Международная ассоциация поставщиков полупроводниковых оборудования и материалов, Милпитас, шт. Калифорния), в частности, содержится ряд предложений по формированию инициатив, программ и исследовательских организаций, призванных способствовать дальнейшему развитию полупроводниковой промышленности США (табл. 2). Они созвучны предложениям других отраслевых организаций и призваны обеспечить высокую управляемость развитием отрасли и укрепить государственно-частное взаимодействие на благо США.

Правительству США предлагается создание государственно-частных партнерств для информирования и организации цепочек поставок, имеющих решающее значение для реагирования на угрозы интересам национальной безопасности за пределами ответственности военно-промышленного комплекса. Деятельность партнерств предполагает поддержку и планирование в условиях кризисных событий, формирование групп поддержки безопасности цепочек поставок на национальном уровне в ключевых компаниях, совместное планирование на случай непредвиденных обстоятельств, разработку стратегии инвентаризации и обеспечение устойчивой связи, поддерживающей скоординированную стратегию.

Сеть ресурсов частного коммерческого сектора может быть сопряжена с государственной федеральной структурой управления. Будучи «нейтральной» организацией, подобная сеть могла бы согласовывать свою деятельность с правительственными ведомствами, а также стимулировать развитие промышленности США и повышение ее конкурентоспособности.

С этой точки зрения и подается идея создания перечисленных в табл. 2 структур, включая «Национальный реестр цепочек поставок» (National Supply Chain Registry listing), в котором будут перечислены все американские компании, входящие в экосистему микроэлектроники. Реестр сможет помочь в оценке готовности инфраструктуры (источники энергии, транспорт и логистику).

С точки зрения авторов, наиболее примечательны два института – коммерциализации (Research Commercialization Institute) и институт гетерогенных систем (Heterogeneous Integrated Systems Institute).

Необходимость первого очевидна, так как правительство США ежегодно тратит миллиарды долларов на программы НИОКР, но созданная интеллектуальная собственность может достичь или не достичь этапа массового производства. Возникает «разрыв в финансировании» между этапом получения результатов НИОКР и их коммерциализацией, что может привести к нереализованности жизнеспособных технологий или, что еще хуже, к их миграции за пределы США. Коммерциализации результатов НИОКР можно было бы помочь за счет сочетания возможностей федеральных, государственных и частных инвестиций, инфраструктурной поддержки и тесного сотрудничества со стратегическими фирмами-партнерами в США.

Относительно второго института можно сказать, что его создание – предпосылка для конкурентного прорыва. В настоящее время 97% существующей в мире инфраструктуры услуг сборки и корпусирования расположены за пределами США, прежде всего в Азии. Но перспективные методики сборки и корпусирования потребуют ранее не существующего совершенно другого оборудования, средств и навыков. Создание такого института может способствовать реализации программ НИОКР в области перспективных методов корпусирования полупроводниковых приборов и ИС, а также способствовать коммерциализации и внедрению в производство этих технологий на территории США [7]. Реализация замысла даст возможность завоевания американскими фирмами ведущих позиций в данной области. При этом надо иметь в виду, что для новейших ИС и «систем-в-модуле» (SiP) создание большей части добавленной стоимости переместится с этапов начальной обработки пластин (формирование транзисторной структуры) на этапы сборки и корпусирования. В последние годы по ряду перспективных направлений наблюдается отказ от подхода «система-на-кристалле» (SoC) в пользу конструкций типа SiP на основе чиплетов (гетерогенная интеграция). Фактически это означает существенное переформатирование доминант прибыли в цепочке создания продуктов в микроэлектронике.

Наконец, надо отметить, что если что-то подобное будет реализовываться в другой стране (особенно, не входящей в число сателлитов США), то министерство торговли США немедленно начнет расследование с целью лишения ее статуса «рыночной экономики».

КНР: ГОТОВНОСТЬ К «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗВОДУ»?

«Поднебесная» учитывала возможность крупномасштабных санкций и потенциальный разрыв технологических связей с развитыми странами заранее. Еще в июне 2014 года Госсовет КНР утвердил и начал реализацию стратегического плана «Рекомендации по развитию национальной полупроводниковой промышленности» (国家半导体产业发展指引), определяющего стратегию модернизации

Таблица 2. Предложения SEMI по формированию инициатив, программ и исследовательских организаций

Создаваемая структура	Конечная цель
«Национальный реестр цепочек поставок изделий микроэлектроники»	Обеспечение широкой осведомленности частнопромышленных и государственных организаций о доступных материалах, компонентах, оборудовании и других важнейших внутренних возможностях цепочки поставок
«Институт коммерциализации результатов научно-исследовательских работ»	Контроль и пересмотр программ НИОКР на всем протяжении их реализации (от ранних этапов до демонстрации опытных образцов) и предоставление рекомендаций и поддержки. Коммерциализация разработанных в рамках НИОКР полупроводниковых приборов. Сбор данных для определения наилучшей практики перехода от этапа НИОКР к производству
«Национальная целевая группа по инфраструктуре производства электроники»	Разработка наилучших стратегий и поддержка зон экономического развития с помощью упрощенных процедур выдачи разрешений. Сведение к минимуму трудностей производителей полупроводниковых приборов при создании новых заводов по обработке пластин
«Институт гетерогенных интегрированных систем»	Разработка перспективных методов корпусирования, 3D-интеграции и решений типа «система-в-модуле»
«Институт интеллектуального и безопасного производства»	Внедрение концепции 4-й промышленной революции* с полным подключением 5G промышленного Интернета вещей, увеличение длительности безотказной работы производственных инструментальных средств, техническое обслуживание по текущему состоянию и формирование гибких / адаптируемых производственных мощностей
«Институт сенсорных систем»	НИОКР в области сенсорных технологий и содействие в освоении производства датчиков. Объединение сетей разработчиков, производителей и конечных пользователей датчиков для совместной работы над устройствами следующего поколения и их коммерциализации
«Комиссия по безопасности цепочек поставок и систем»	Отслеживание и согласование существующих инициатив федеральных, оборонных, коммерческих и научных кругов. Содействие многостороннему диалогу для обеспечения безопасной совместимости в производстве изделий и продукции заинтересованных сторон

* «Индустрия 4.0» (Industry 4.0, The Fourth Industrial Revolution) – 4-я промышленная революция, ожидаемое массовое внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг. Также это производственная сторона, эквивалентная ориентированному на потребителей Интернету вещей. Одним из существенных аспектов «Индустрии 4.0» является идея «сервис-ориентированного проектирования» (от пользователей, использующих заводские настройки для производства собственных продуктов, до компаний, которые поставляют индивидуальные продукты индивидуальным потребителям).

национальной полупроводниковой промышленности, поиск путей перехода от догоняющего развития к опережающему благодаря прогрессирующему импортозамещению. Через год был принят план «Сделано в Китае – 2025» (中国制造2025), предусматривающий одновременное укрепление возможностей передового производства и инновационного развития национальной индустрии проектирования и внутреннего производства ИС, в первую очередь, благодаря развитию услуг кремниевых заводов.

Во-первых, власти КНР выделили на период до 2030 года 1,4 трлн долл. на развитие замкнутой и взаимосвязанной национальной экосистемы полупроводниковой промышленности, охватывающей создание полупроводниковых материалов и оборудования, инструментальных средств САПР, производственных мощностей (от обработки

пластин до сборки, корпусирования и тестирования приборов). При успешном завершении запланированных работ китайская микроэлектроника станет самодостаточной и не будет зависеть от окружающего мира.

Во-вторых, Китай не только страдает от внешних ограничений, но и сам может их порождать. Так, с одной стороны, Tsinghua Unigroup (51% у Китайского университета Цинхуа), владеющая производителями ИС Yangtze Memory Technologies Co. (YMTC) и Unisoc (Shanghai) Technologies Co., признала себя неплатежеспособной и заявила о реструктуризации** [9]. С другой, поглощение английской фирмы ARM

** Во многом происшедшее связано с противодействием США, опасющихся конкуренции КНР в таких ключевых областях, как 5G и искусственный интеллект.

американской корпорацией Nvidia будет отложено из-за судебных исков, поданных китайским отделением ARM – Arm China, так как данная сделка требует одобрения антимонопольными органами КНР [10].

В-третьих, КНР неуклонно движется к достижению одной из своих целей – освоению массового производства 14-нм ИС собственной разработки в 2022 году. Важно, что реализация этого проекта позволила преодолеть многие технические проблемы, охватить всю систему промышленных цепочек поставок ИС. По сути, произошло изменение всей национальной экосистемы в микроэлектронике, что потребовало внедрения полного набора технологических процессов обработки пластин, формирования кристаллов ИС, их сборки, корпусирования и тестирования.

Быстрое развитие производства 14-нм ИС в КНР означает успех стратегии использования уже созданных технологических подразделений, что позволяет сосредоточиться на оптимизации финальных переделах проектирования и корпусирования. Возможность производить 14-нм ИС является для КНР прорывом, так как этот и близкие ему технологические уровни позволяют удовлетворить до 70% потребностей в современных процессах изготовления ИС искусственного интеллекта, высокопроизводительных процессоров и автомобильных ИС [11].

В-четвертых, важные успехи достигнуты КНР в области технологического оборудования, несмотря на трудности с получением деталей и материалов из-за рубежа. Единственный китайский производитель установок литографии, фирма Shanghai Micro Electronics Equipment, в основном производит 90-нм установки. Модели, рассчитанные на формирование 28-нм и 14-нм структур ИС, нуждаются в совершенствовании с точки зрения процента выхода годных изделий. Фирма Beijing E-Town Semiconductor Technology (оборудование для процессов травления) производит в основном 40-нм системы и только осваивает 28-нм системы. Фирма Advanced Micro-Fabrication Equipment (АМЕС, установки травления) уже поставляет (единственная в КНР) 5-нм машины, но основная доля продаж – это 14-нм и 28-нм установки. Другие производители оборудования травления работают на проектные нормы 14 нм и выше [12].

ВОЗМОЖЕН ЛИ РЕЗКИЙ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗВОД» КНР И США?

Объявленная Соединенными Штатами «технологическая война» Китаю, несмотря на поднятую вокруг нее шумиху, идет не очень активно. «Холодная технологическая война» – это был официальный термин, в ряде изданий, в частности EE Times, весь 2020 год велась рубрика Cold Technology War. В отличие от 2020 года, в текущем году такая терминология практически не употребляется. США не идут медленно на полный технологический разрыв с КНР?

В 2018 году на мировом рынке американские полупроводниковые компании продали ИС примерно

на 230 млрд долл., при этом половину из них – в Китай. Потерять такой рынок сбыта в один момент – это не в ногу выстрелить, а сразу ее отрубить. Пока на территории США, стран-союзниц и подконтрольных им стран не будет создана / воссоздана производственная база конечных электронных систем, способная поглотить объемы ИС, потребляемых китайским рынком, резких мер по отношению к КНР ждать не стоит. Это же касается и других отраслей с крупными внутренними платежеспособными рынками.

Наконец, рассмотрим ситуацию с материалами. КНР является важным поставщиком многих материалов, используемых в производстве полупроводниковых приборов по всему миру. По ряду позиций КНР либо невозможно, либо крайне проблематично заменить (табл. 3).

Интересно отметить, что Россия также является источником сырья для полупроводниковой промышленности США – она поставляет до 80% (или более) благородных (инертных) газов (криптон и ксенон). Правда, вместе с КНР – SEMI не разделяет их доли. Есть одна хитрость – газы из России в США поставляются не напрямую, а через Украину! Инертные газы необходимы, например, для операций по изготовлению в бескислородной среде высоконадежных и высокопроизводительных ИС различного (включая авиакосмическое и военное) применения. Кроме того, Россия является для полупроводниковой промышленности США основным источником газов, содержащих хлорфторуглероды (по крайней мере, для двух поставщиков газа в США), крупным поставщиком гелия, обеспечивает 45–50% импорта палладия... [7]. Пока Россия никак не использует это обстоятельство в продвижении своих интересов на международных высокотехнологичных рынках.

Как видно, взаимосвязи таковы, что резкий, полный разрыв всех отношений в области микроэлектроники и смежных с ней высокотехнологичных отраслей невыгоден прежде всего США, поэтому Америка при Дж. Байдене отказалась от «экономического развода» с КНР в пользу конкуренции путем создания в США устойчивых цепочек поставок по ключевым технологиям в сегменте полупроводниковых приборов. Борьба за доминанту сопровождается усилением совместного с союзниками экспортного контроля (материалы, оборудование, технологии), блокированием китайских попыток приобрести фирмы, обладающие «чувствительными» и / или перспективными технологиями в микроэлектронике и т. д.

США СОБИРАЮТ СОЮЗНИКОВ

К своей борьбе с КНР и ее микроэлектроникой США пытаются привлечь союзников, которые, в свою очередь, также ведут собственные программы развития полупроводниковой промышленности. Рассмотрим Тайвань и Южную Корею, на которых приходится 42,5% мирового парка установленного полупроводникового оборудования, а также ЕС и Японию.

Таблица 3. Доля КНР в поставках некоторых материалов для полупроводниковой промышленности

Материал	Доля КНР, %
Редкоземельные металлы	Не менее 80% (20% – Австралия), но для рынка США показатели могут быть выше
Инертные (благородные) газы	80% вместе с Россией (для США)
Плавленый шпат (для производства фторсодержащих продуктов, включая газы CF, NF ₃ , HF, WF ₆ , SF ₆)	60% (для азиатских фирм основной поставщик – КНР, для США по поставкам 1-е место – Мексика, 2-е – КНР)
Минеральный вольфрам (паравольфрамвокислый аммоний), АРТ – используется при создании мишеней для распыления WF ₆ и W	Около 80%, при этом 95% поставок контролируется одной компанией (для США)
Оксид иттрия и итрий в металлической форме (предполагается последующая обработка в более рафинированные материалы – в Европе, США и Японии)	Почти монопольные поставки

Тайвань пытается балансировать

Тайваньские высокотехнологичные фирмы долго стремились попасть на китайский рынок, боролись за право работать там со своим правительством, введившим для них ограничения. Они уже вложили в свои заводы на территории КНР значительные средства, но с 2018 года начали постепенно возвращаться на остров при поддержке госпрограммы «Добро пожаловать назад». В ее рамках фирмам предоставляется бесплатная аренда земли в течение первых двух лет, льготные банковские кредиты и доступ к налоговому консультированию.

Пользуются льготами и возвращаются в основном мелкие и средние фирмы, не выдерживающие растущей конкуренции со стороны китайских фирм. Крупные же корпорации, такие как TSMC и UMC, продолжают работать в КНР. Правда, под нажимом США TSMC планирует открыть в 2024 году в Аризоне завод по производству 5-нм ИС. Пока же власти Тайбэя не оставляют попыток балансировать между КНР и США (рис. 2) [13]. Баланс соблюдать становится все сложнее, и он все больше склоняется в пользу США. Из-за санкций США в 2020 году TSMC отказался выполнять заказы на 5-нм ИС корпорации HiSilicon (микроэлектронное подразделение китайской корпорации Huawei), на которую приходилось до 24% заказов по данным проектным нормам [14].

Тайвань также стремится создать самодостаточную экосистему микроэлектроники. Для этого разрабатывается программа стоимостью в десятки миллиардов долларов, призванная покончить с зависимостью острова от импорта технологического оборудования, в основном, из США для производства полупроводниковых приборов.

Республика Корея: создание «Полупроводникового пояса»

Свои меры реагирования на передел влияния глобального рынка микроэлектроники осуществляет и Южная

Корея. В мае этого года Южная Корея объявила о плане потратить 450 млрд долл. в течение следующих десяти лет на развитие производства ИС, отличных от ИС запоминающих устройств [15]. Одна из целей – возглавить глобальную цепочку поставок, став стабильным поставщиком ИС для удовлетворения глобального спроса [16].

План южнокорейского правительства состоит в том, чтобы к 2030 году создать в стране крупнейшую в мире цепочку поставок полупроводниковых приборов («Корейский полупроводниковый пояс» или K-Semiconductor Belt). План предполагает расходовать не только на расширение производственных мощностей, но и на НИОКР. Правительство также намерено ввести налоговые льготы в размере до 50% от ассигнований на корпоративные НИОКР, до 20% на инвестиции в производственные мощности (здания, сооружения, оборудование) [17] и налоговый вычет по расходам на оборудование/сооружения до 6% [16].

«Корейский полупроводниковый пояс» будет создаваться в центральном регионе страны и объединять города Ичхон, Йонгин и Чхонджу, а также на западе страны с охватом городов/районов Пангё, Гихын, Хвасон, Пхёнхэк и Оньян. В рамках проекта особая ставка дается на Samsung, желающую сохранить «свои бесспорно лидирующие позиции». Samsung сохраняет мировое доминирование в области полупроводниковых схем памяти, но еще большее преимущество у корпорации перед отечественными конкурентами обнаруживается, когда речь заходит о ИС, отличных от ИС ЗУ. Из заявленных по проекту 450 млрд долл. около 151 млрд долл. придется на Samsung – точнее, на развитие производства передовых логических приборов с целью повышения конкурентоспособности по отношению к TSMC. Кроме того, Samsung собирается создать еще один современный производственный комплекс в Техасе на собственные средства [17]. Нужно учитывать, что США и Южную Корею



Рис. 2. Стратегия Тайваня по сохранению независимости – балансирование между КНР и США

объединяют военно-политический союз и тесные экономические взаимосвязи. В противостоянии с КНР эта страна выступает на стороне США, хотя свертывать связи с «Поднебесной» тоже не планирует.

Недавно произошло примечательное событие – запрет китайской стороне на покупку южнокорейской Magnachip. Комитет по иностранным инвестициям в США (CFIUS) 15 июня с. г. запретил китайскому фонду частных акций Wise Road Capital приобретение за 1,4 млрд долл. корпорации Magnachip Semiconductor. Позднее южнокорейские регулирующие органы приняли аналогичное решение, причислив ИС органических СИД (ОСИД/OLED) дисплеев Magnachip к «национальным базовым технологиям». Вмешательство CFIUS в предлагаемую сделку является беспрецедентным, поскольку Magnachip практически не присутствует на рынке США. Совместные усилия США и Южной Кореи по блокированию приобретения Wise Road Magnachip представляют собой «значительное расширение» юрисдикции CFIUS в отношении приобретения иностранных технологий [18].

ЕС и Япония – пока состояние неопределенности

Европейский союз в мае 2021 года объявил о готовности выделить «значительные» средства на расширение производства полупроводниковых приборов в Европе, но до сих пор не представил подробностей [15] за исключением

конечной цели – добиться возвращения Старого Света в число основных производителей ИС к 2030 году с достижением 20% мировых продаж. Известно, что финансирование может быть получено из нескольких программ ЕС, включая фонд по борьбе с пандемией COVID-19 в размере 800 млрд евро (975 млрд долл.), из которых 20% предполагается потратить на «цифровую трансформацию» континента. Сколько конкретно будет выделено на микроэлектронику и по каким направлениям – пока не ясно [19, 20].

Не ясна и реальность планов. Последняя крупная программа ЕС по развитию микроэлектроники провалилась – речь идет о принятой в 2013 году Стратегии 10/100/20, целью которой было доведение доли ЕС в мировом производстве ИС до 20% к 2020 году за счет привлечения 10 млрд евро государственного и частного финансирования, а также 100 млрд евро инвестиций промышленных фирм. Провал был связан как с нехваткой ресурсов, так и с тем, что технически развитые, современные производители цифровых ИС покинули Европу, а оставшиеся местные компании воспользовались преимуществами аутсорсинга производства цифровых полупроводниковых приборов на мощностях кремниевых заводов (в первую очередь на Тайване) [21].

Наконец, в сентябре этого года ЕС заявил о намерении создать закон о содействии развитию микроэлектроники (EU Chips Act), аналогичный американскому CHIPS Act for America. Цель – создание современной европейской экосистемы микроэлектроники, включая производство, которое обеспечит безопасность поставок и развитие новых рынков для прорывных европейских технологий. Предполагается скоординировать НИОКР, финансирование и стимулирование формирования современной экосистемы в странах-членах ЕС (во избежание гонки за национальными государственными субсидиями).

* CFIUS (Committee on Foreign Investment in the United States) – Комитет по иностранным инвестициям в США, межведомственный комитет под председательством Министра финансов США, созданный в 1975 году для мониторинга и оценки влияния иностранных инвестиций на экономику США; также следит за соблюдением интересов американских инвесторов за рубежом, расследует случаи поглощения американских корпораций иностранными инвесторами и т. п.

Предлагается создать в ЕС специальный «Европейский фонд развития полупроводниковой промышленности» (European Semiconductor Fund) [22]. Кроме того, закон будет предусматривать создание «мегафабрик» (очень крупных заводов по обработке пластин), способных осуществлять производство ИС с проектными нормами 2 нм и менее. Еще одним приоритетом станут энергоэффективные ИС – по мере роста рынка электромобилей в Европе [23].

Министерство экономики, торговли и промышленности Японии в начале июня этого года объявило о «Национальном проекте» по поддержке производства ИС в Японии. Однако по состоянию на начало июля более подробной информации предоставлено не было [15, 24].

* * *

Таким образом, можно констатировать не только тенденцию замены концепции глобализации на концепцию самодостаточных национальных экосистем микроэлектроники, но и реализацию проекта по формированию антикитайского «высокотехнологичного блока» под эгидой США для сдерживания развития микроэлектроники и всего высокотехнологичного комплекса отраслей КНР. Косвенно это нацелено и против Российской Федерации, хотя размеры нашей микроэлектроники на мировом рынке и находятся на грани погрешности расчетов и специальной программы противодействия или формирования блоков от США не требуют. Для России это очередное сужение окна возможностей и возрастание угроз высокотехнологичному сектору промышленности и, соответственно, национальной безопасности. Как и перечисленным в данной статье высокотехнологичным странам, России требуются срочные государственные меры реагирования на уровне государственной промышленной политики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Taiwan Edges South Korea as Largest Base for IC Wafer Capacity // Semiconductor Digest. June 29. 2020.

2. **Макушин М.** Битва за будущее микроэлектроники // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2021. № 2 (00203). С. 114–124.

3. SIA Applauds Senate Introduction of FABS Act // Semiconductor Digest. June 18. 2021.

4. **Hamblen M.** Chip, auto groups urge Congress to get moving on CHIPS Act // Fierce Electronics. Jul 22. 2021.

5. **Hamblen M.** U. S. Senate passes sweeping \$250B bill to address China threat // Fierce Electronics. Jun 9. 2021.

6. **Borak M.** US-China tech war: basic research in AI, semiconductors and biotech gets closer to US\$110 billion boost in US // South China Morning Post. 14 May, 2021.

7. SEMI Comments to Risks in the Semiconductor Manufacturing and Advanced Packaging Supply Chain Notice of Request for Public Comments; 86 FR 14308; RIN 0694-XC073; Docket Number BIS-2021-0011. SEMI, April 2021.

8. **Patterson A.** US Blacklists China's Phytium for Making Missiles Using Western Tech // EE Times, 04.09.2021.

9. **Patterson A.** „Insolvent” Tsinghua Unigroup Aims to Restructure // EE Times, 07.11.2021.

10. **Manners D.** China lawsuits threaten // Electronics Weekly. 12th April 2021.

11. Mass Production of 14nm Chips in China Will Spur Future Growth of Its Chip Industry // Semiconductor Digest. July 13. 2021.

12. **Manners D.** China falling behind in chip manufacturing equipment tech development // Electronics Weekly. 14th May. 2021.

13. TSMC: The final word has not been spoken yet. i-Micronews, May 28, 2020

14. **Manners D.** 2020 foundry revenue up 23.7% on 2019 // Electronics News. 29th December. 2020.

15. **Manners D.** Capex and capacity. Electronics Weekly, 23rd June, 2021

16. **Manners D.** Korea to put \$450bn into expanding chip production // Electronics Weekly. 13th May. 2021.

17. **Scansen D.** Korea Teases Fab Expansions. EE Times, 05.14.2021.

18. **Leopold G.** U. S. Blocks Chinese Deal for Magnachip // EE Times. 06.22.2021.

19. **Sterling T.** EU says its ready to invest „significant” funds in chip sector // Reuters. May 20. 2021.

20. **McCaskill S.** EU is prepared to fund European chip manufacturing expansion. Techradar.pro, May 24, 2021

21. **Макушин М., Фомина А.** Проблемы развития микроэлектроники в Европе // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 7(00178). С. 160–170

22. **Manners D.** EU wants Chips Act. Electronics Weekly, 15th September 2021.

23. **Leopold G.** European IC Effort Doubles Down on Tech Sovereignty. EE Times, 10.01.2021.

24. **Reynolds I.** Japan lays out „national project” for chips after lost decades. The Japan Times, Jun 4, 2021

ООО СМП ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК
• Керамические конденсаторы до 100 мкф
• Синфазные дроссели на ток 10 А

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780