



МИКРО- ЭЛЕКТРОНИКА

ГАРАНТ
УСТОЙЧИВОСТИ
И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Владимир Гусаков,
Председатель Президиума
Национальной академии наук
Беларуси, академик

Микроэлектроника сейчас – ведущая сфера мировой экономики, определяющая прогресс и конкурентоспособность целых отраслей, производственно-сбытовых комплексов и корпораций и задающая им лидерские тренды. Не случайно ведущие компании в сфере микроэлектроники в последние десятилетия концентрировались в наиболее развитых странах, в составе которых формировался мощный кадровый и научный потенциал.

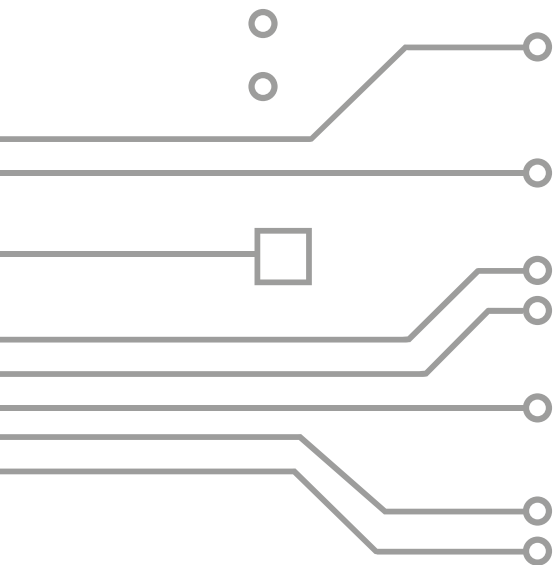
Выстраивая стратегию лидерства, высокоразвитые страны Запада «высасывали» талантливые кадры и умы со всего мира. Микроэлектроника и IT-бизнес получили на Западе, и прежде всего в США и их странах-партнерах, беспрецедентно благоприятные условия. Весь остальной мир рассматривался ими как второсортный и должен был существовать как потребитель готовых микроэлектронных изделий, да и то только там, где это не мешало стратегическим намерениям производителей-доминантов.

Развал Советского Союза пришелся Западным корпорациям как никогда кстати для дальнейшего укрепления своих позиций. Многие республики бывшего Советского Союза, а также восточноевропейские страны потеряли целые отрасли, предприятия и квалифицированные кадры. Понадеялись на обещанную Западом глобализацию и создание транснациональной мировой экономики, где все якобы на равных будут пользоваться ее благами. В реальности равенства не произошло, а образовался огромный разрыв между научно-техническим прогрессом Запада и Востока, а отсюда и беспрецедентная технологическая зависимость развивающихся стран от развитых.

В начале нового столетия первым увидел опасность концентрации ресурсов и кадров в США и других западных странах в области микроэлектроники Китай, который предпринял все возможное для ускоренного развития своей микроэлектронной промышленности. И добился независимости и мирового лидерства в ряде ведущих сфер и производств. Такую же проактивную политику стали проводить Индия, Сингапур, Япония, Южная Корея, Индонезия и другие так называемые азиатские тигры, которые вместе с лидерством построили наиболее успешный бизнес, приносящий преобладающие доходы.

В последние годы пришла к этому и Российская Федерация, которая стала быстро инвентаризировать советское наследие и инвестировать не только в модернизацию некогда процветающих микроэлектронных предприятий, но и в воссоздание целых отраслей и комплексов на современной базе. Все стали понимать, что высокоразвитая микроэлектроника – это прямая конкурентоспособность и безопасность ведущих отраслей и предприятий – военных, промышленных, сельскохозяйственных, обслуживающих и др. И это объективно, поскольку сейчас без новейшей микроэлектроники невозможны ни IT-технологии, ни искусственный интеллект, ни цифровизация, ни роботизация и их надежное программное обеспечение.

Мы решили узнать у Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси В.Г. Гусакова, как развивается отрасль в мире и каковы перспективы ее роста в нашей стране.



■ **Уважаемый Владимир Григорьевич, что показывает сравнительный анализ стратегий развития микроэлектроники разных государств и как обстоят дела в Республике Беларусь?**

– Очевидно, что развитие микроэлектронной промышленности находится под непосредственным контролем правительств всех развитых стран мира, где этой сфере задаются четкие параметры исходя из национальных интересов. Независимо – частный это сектор или государственный. Поэтому каждая страна имеет свои подходы в вопросах государственного регулирования, создания соответствующей научно-инновационной инфраструктуры, определения размеров финансирования и инвестирования, формирования системы мотивации и стимулирования.

Например, в США правительство и конгресс определили развитие сферы микроэлектроники не только в качестве основы национальной безопасности, но и как глобальную цель американской стратегии, кото-

рая должна позволить доминировать на мировом рынке полупроводников. С этой целью в конгрессе США приняли три законопроекта – American Foundries Act of 2020, Facilitating American-Built Semiconductors Act (FABs Act) и Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act, или по иному CHIPS for America Act. Настоящие законопроекты предусматривают реализацию федеральной программы развития и программы НИОКР, стимулирование создания новых предприятий по производству информационных систем, модернизацию заводов по обеспечению потребностей национальной безопасности и критической инфраструктуры, налоговые льготы на покупку и строительство предприятий для производства полупроводников или обработки микросхем, средства на поддержку образовательных учреждений. Наряду с тем законопроект CHIPS for America Act учреждает Многосторонний фонд безопасности полупроводников, то есть механизм финансирования и взаимодействия между США и их зарубежными партнерами по обеспечению высокого качества и защиты цепочек поставки микроэлектроники. Также настоящий закон предусматривает создание Подкомитета по лидерству в области микроэлектроники, Национального института стандартов и технологий (для новейших испытаний, сборки и упаковки полупроводников в своей экосистеме), Национального центра полупроводниковых технологий, отвечающего, в частности, за создание прототипов новейших микросхем в соответствии с национальной стратегией.

Европейский союз нацелен в первую очередь на то, чтобы нарастить внутренний потенциал и сделать Европу долгосрочным промышленным лидером, увеличив ее производство, например, с 9% в 2021 г. до 20% к 2030 г., а также повысить устойчивость к сбоям в цепочке поставок. Для этого разработана стратегия «A Chips Act for Europe», которая предусматривает создание новых STEM-программ (science, technology, engineering and math) развития новой инфраструктуры и привлечения талантов из других стран. Эти меры являются частью общей стратегии поддержки высокоразвитой экосистемы европейской полупроводниковой промышленности в связи с быстрым развитием отрасли и усилением стимулирования инвестиций в эту сферу.

Названная стратегия подразделяется на пять областей:

- **исследования и разработки**, чтобы не отстать от глобальных конкурентов, где реализуются две ключевые программы «Горизонт Европа» и «Цифровая Европа»;
- **трансфер от лаборатории к производству**, где ставится задача более эффективного внедрения лабораторных исследований в промышленные инновации и рыночные продукты;
- **промышленное производство**, что предусматривает создание новейших интегрированных производственных мощностей и foundry-компаний для преодоления наметившегося отставания;
- **местная поддержка**, в контексте которой Европейская комиссия учредила «фонд микросхем ЕС» для реализа-

ции стартапов в области полупроводников, решения проблемы нехватки навыков и удержания сотрудников;

- **перестройка европейской цепочки поставок** – для быстрого реагирования на текущий дефицит и для активизации партнерских связей с США и другими ведущими странами в целях создания более устойчивой глобальной полупроводниковой сети.

Привлекательна в этой связи и специфика Китая. Правительство страны проводит самую активную политику по ускоренному развитию собственного производства и достижению максимальной независимости. В соответствии с этим в полупроводниковую промышленность и инфраструктуру инвестируются опережающие капиталы.

Сегодня структура китайской микроэлектронной промышленности представляет собой мощную завершённую комплексную систему, включающую все основные звенья – от разработки собственных инновационных микросхем, производства в промышленных масштабах до корпусирования и тестирования, а также подготовку высококвалифицированного персонала и его мотивацию, особенно в части подбора лучших умов. Вообще, что касается науки – это сейчас китайский приоритет во всех областях. Ученым создаются самые благоприятные условия (по мировым меркам) для эффективной деятельности.

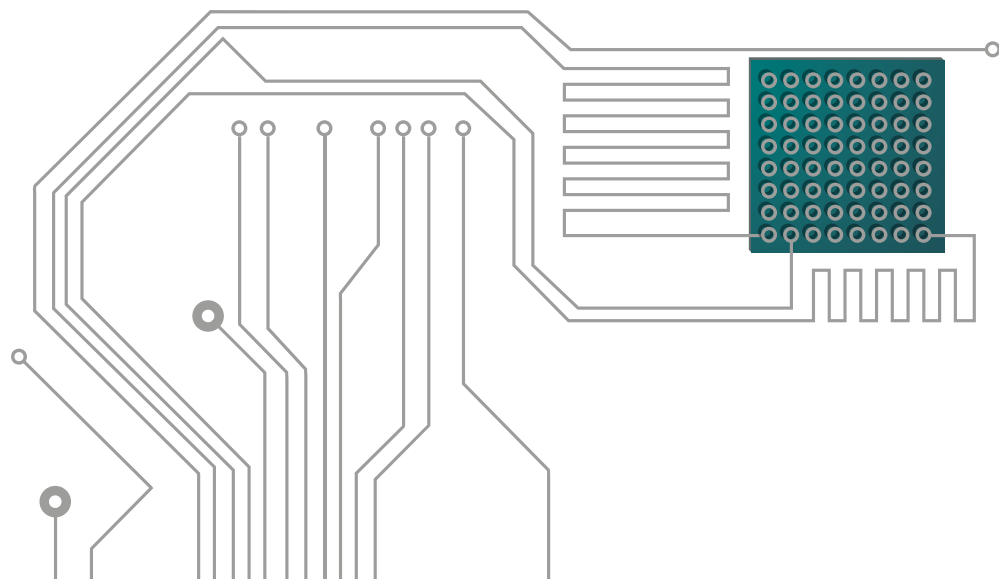
Правительством поставлена задача, чтобы не менее 70% микросхем, чипов и полупроводников, используемых китайскими компаниями,

к 2025 г. производились в Китае. Принята Национальная программа «Новая инфраструктура». А сейчас исходя из противостояния с Западом, намечается эти проценты самообеспечения еще нарастить.

В 2021 г. Всекитайское собрание народных представителей утвердило 14-й пятилетний план, в соответствии с которым технологическое развитие возведено в ранг проблемы национальной безопасности, где полупроводники определены в качестве важнейшей технологии. Новый импульс китайская полупроводниковая промышленность получила в 2022 г., когда Государственный совет опубликовал 14-й пятилетний план цифровой экономики, направленный на принципиальное расширение базового научно-исследовательского потенциала, повышение самодостаточности и укрепление безопасности в стратегических секторах. Это послужило беспрецедентному наращиванию инвестиций в данную сферу, причем как государственных, так и частных. Новые заводы по производству микросхем стали создаваться

не только в крупных центрах, но и в провинциях. Крупнейшие мировые компании выразили заинтересованность вкладывать свои капиталы и создавать новейшие полупроводниковые производства в Китае, в том числе производства особо чистых веществ и микросхем минимальной размерности (например, 28 нанометров).

В Российской Федерации также серьезно активизировалась работа по созданию завершённой инфраструктуры микроэлектронного производства. В 2020 г. принята Стратегия развития электронной промышленности до 2030 г., где прописан комплекс мер по переходу с импортной электронной комплексной базы (ЭКБ) на отечественную. В 2021 г. утверждён план по формированию и развитию спроса на собственную электронику, то есть по формированию российского рынка ЭКБ, радиоэлектронных приборов и систем. В настоящее время стратегия России ориентирована на выстраивание кооперационных цепочек между имеющимися производителями ЭКБ, радиоэлектронной аппаратуры и конечных изделий. Спрос



стал регулироваться госзаказами и квотированием, включая финансовые инструменты стимулирования предприятий. Важно, что Россия имеет уже свою комплексную программу развития всей ЭКБ, нацеленную на стратегическое обеспечение национальной самодостаточности. А учитывая сохранившиеся мощные советские заделы, в том числе и высококвалифицированные кадры, можно полагать, что России удастся совершить прорыв. Надо также сказать, что в 2021 г. в России утверждена и успешно реализуется дорожная карта по формированию и развитию спроса на отечественную электронику.

Что касается Республики Беларусь, то вопросы сохранения и поддержания сформированной еще при Советском Союзе основательной базы в сфере микроэлектроники, а также ее дальнейшего укрепления постоянно находятся на контроле Главы государства. Это позволило обеспечить достаточно успешное функционирование в течение всех лет независимости республики ряда получивших известность предприятий (ОАО «Интеграл», ОАО «Планар» и др.). Также это дало возможность поддержать основной кадровый потенциал, в первую очередь высококвалифицированные научные кадры.

Область высоких технологий в республике постоянно находится на приоритетных позициях. Для этого приняты и реализованы многие программы фундаментальных и прикладных исследований, проведена модернизация предприятий, изысканы инвестиции. В качестве одного из таких решений последнего времени можно назвать

Указ Президента Республики Беларусь №156 от 07.05.2020 г., где важнейшими направлениями научно-технической деятельности на 2021–2025 гг. определены микро-, опто- и СВЧ-электроника, фотоника, микросенсорика, радиоэлектронные системы и технологии, приборостроение.

Так, только за последнее десятилетие НИОКР микроэлектронной направленности выполнялись в рамках конкретных заданий ключевых республиканских научно-технических программ («Бел-электроника», «Микроэлектроника», «Радиоэлектроника» и др.), государственных комплексных программ научных исследований («Электроника», «Нанотех», «Инфотех» и пр.), государственной программы научных исследований («Электроника и фотоника»), научно-технических программ Союзного государства («Космос-СГ», «Функциональная СВЧ-электроника-2», «Скиф» и т.п.).

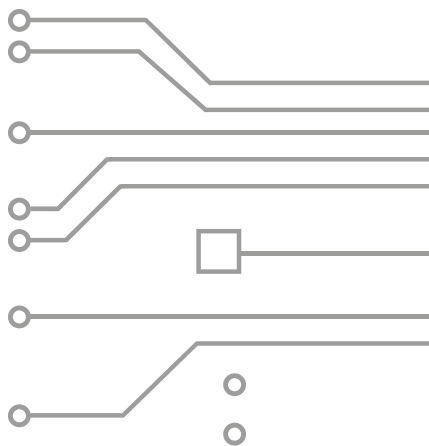
Решением Национальной академии наук Беларуси, Министерства промышленности, Министерства образования, Государственного военно-промышленного комитета создана координирующая структура – Межведомственный кластер «Микро-, опто- и СВЧ-электроника». В этой связи подписано и утверждено совместное соглашение о создании и деятельности кластера, положение о его функциях, структуре управления и деятельности, а также положение о Координационном совете кластера. В состав кластера вошли практически все ведущие научно-исследовательские организации и производственные предприятия, специализирую-

щиеся на электронной компонентной базе. Кластер работает с 2017 г., обсуждает актуальные проблемы и вырабатывает решения. А в Академии наук в 2018 г. сформировано Государственное научно-производственное объединение «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», которое выполняет основополагающие научные исследования и разработки.

Одним из основных результатов работы кластера и объединения стала разработка Концепции развития микроэлектронной промышленности в Республике Беларусь до 2030 г., содержащей в обобщенном виде все необходимые условия развития в стране микроэлектроники и полупроводниковой промышленности. В качестве еще одного примера целенаправленной совместной деятельности ученых и практиков можно привести разработку Перспективного плана сотрудничества Национальной академии наук Беларуси, вузов, ОАО «Интеграл» – управляющая компания холдинга «Интеграл» и ОАО «Планар» на 2021–2025 гг. Конечно, ключевыми игроками здесь являются прежде всего Академия наук, где сконцентрирован основной научный потенциал, а также ОАО «Интеграл», который занимает устойчивую нишу производства и обеспечивает всю технологическую цепочку – от науки до рынка.

Коренные задачи развития инфраструктуры микроэлектроники и процессорной техники рассматривались недавно на специальном совещании у Президента Республики Беларусь, где даны целевые поручения по комплексному обеспечению отрасли на принципиально новых уровнях. В контексте

мер поставлена задача подготовить Национальную программу развития микроэлектроники исходя из последних международных реалий и обеспечения нормального функционирования ведущих отраслей и предприятий страны на базе отечественных разработок.



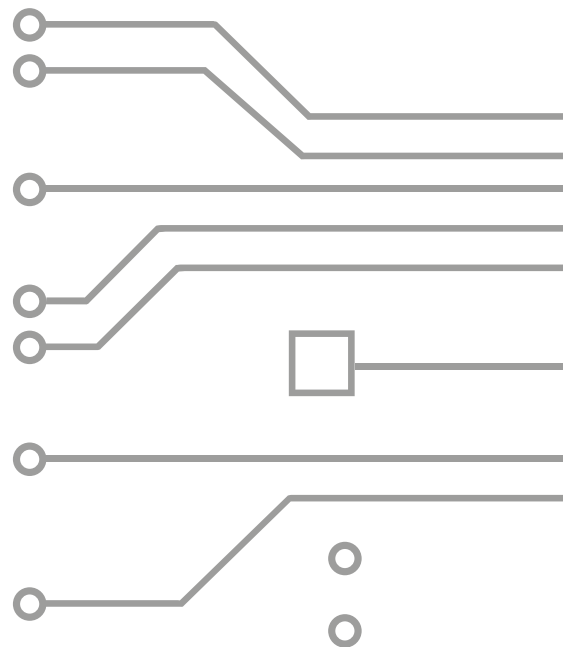
В последнее время стало модным применять слово «экосистема» в отношении развития наукоемких объектов. Сделаем такую же попытку. Какова экосистема современной микроэлектронной промышленности, например, в мире или в наиболее продвинутых регионах?

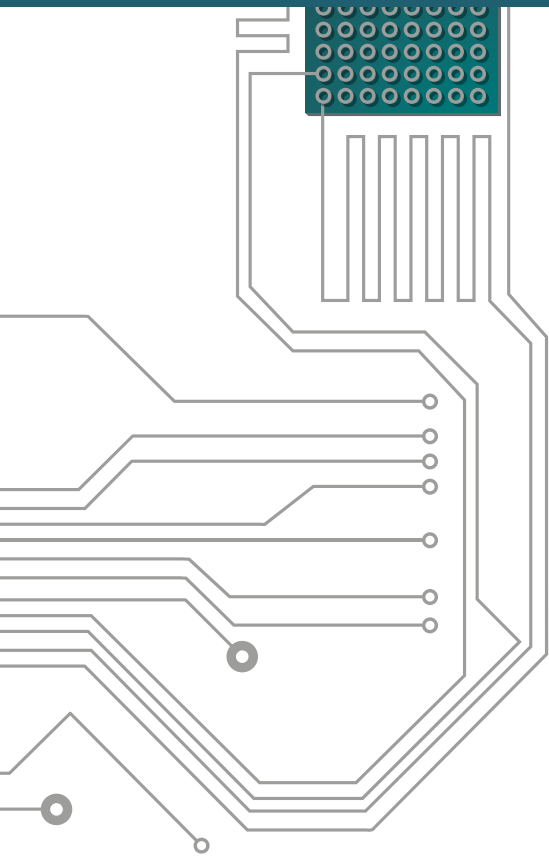
– Мировая микроэлектронная промышленность сегодня – это многоспециализированная и тесно переплетенная глобальная сеть предприятий и фирм со сложной системой взаимосвязей. Для производства, например, какого-то одного изделия микроэлектроники часто требуется выполнить более 1000 технологиче-

ских операций, элементы которых разбросаны по странам. Редко в какой стране все выполняется автономно и под ключ. Даже США, Япония, ЕС, Китай и другие страны не имеют полной собственной завершенной электронной компонентной базы. Надо учитывать тот факт, что многие годы эффективно работало международное разделение труда. Однако в последнее время, как известно, эта многолетняя практика активно пересматривается. Ведущие страны, руководствуясь сугубо своими интересами, стали проводить стратегию полного либо наиболее полного самообеспечения (исходя из наличия крупных финансовых возможностей), ограничили или прекратили поставки высокотехнологичных изделий в другие страны.

Следует хорошо представлять, что экосистема завершенной микроэлектронной промышленности состоит сейчас из следующих переделов: фундаментальные и прикладные исследования и разработки, проектирование, изготовление и сборка, дизайн, тестирование и упаковка. Эти этапы могут выполняться как в одной стране – одним или несколькими предприятиями-производителями полного цикла (в результате чего появляются микросхемы), так и в разных договаривающихся между собой странах, а также в отдельных самостоятельных компаниях. Известно, что для налаживания производства необходимы исходные ресурсы: материалы, оборудование, в том числе для кристалльного и сборочного производства, средства автоматизации и электронного проектирования, часто называемые САПР, а еще библиотеки конструкций

и расчетных моделей наиболее часто применяемых элементов и частей изделий с определенными функциями или так называемые IP-блоки. Поставщики этих ресурсов и формируют экосистему, а правильнее – инфраструктуру микроэлектронной промышленности, и распределены они исходя из разделения труда в глобальном плане очень неравномерно. Так, более 90% САПР в области микроэлектроники производятся компаниями США, а основной рынок IP-блоков контролируется примерно поровну США и Западной Европой. На рынке оборудования лидируют компании из США (более 40%), Японии (около 30%) и Западной Европы (более 20%). Понятное дело, что за многие годы крупных инвестиций эти страны и компании смогли создать настолько высокие технологии, что догоняющим их странам и предприятиям приходится ограничиваться лишь некоторыми доступными рыночными нишами.





Таким образом, восстановление самодостаточной микроэлектронной промышленности – вопрос не только технологический, но и национальной безопасности?

– Абсолютно верно. Надо думать, что наблюдаемые сейчас общемировые геополитические сдвиги приобрели фундаментальный характер, а конфронтация Запада и Востока, в том числе в области электронной компонентной базы и в первую очередь полупроводников, растянется на длительный период. Вместе с тем надо также осознавать, что если свершится невозможное и будет достигнуто взаимопонимание, мир прежним уже не станет. Точка невозврата пройдена. Начинают формироваться и усиливаться, а значит будут действовать автономные системы круп-

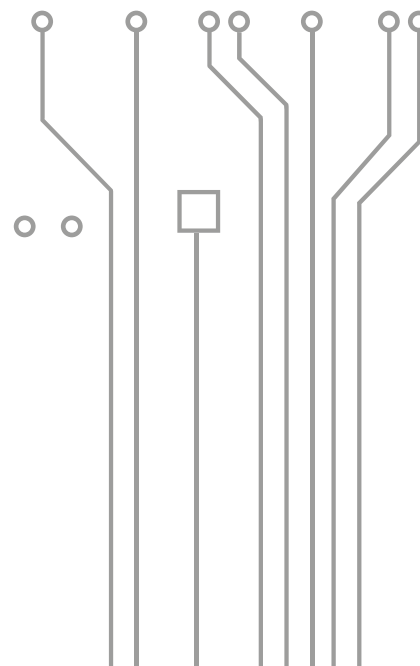
ных стран (США, ЕС, Китай, Япония) и территориальные объединения всех других, где можно рассматривать и союз Беларуси и России. В этих условиях вопрос восстановления и развития отечественной микроэлектронной инфраструктуры для нас перетекает из плоскости экономической в политическую и территориальную.

Электронная компонентная база становится сейчас критически важным фактором в системе инновационного, конкурентного и безопасного развития всех ведущих отраслей и производств, а ее дефицит может как снижать устойчивость и востребованность конечных изделий, так и препятствовать их выпуску. Поэтому для развития собственной отечественной инфраструктуры электронной компонентной базы нам важно сейчас прежде всего укрепить имеющийся научный потенциал и одновременно приступить в широком плане к разработке и освоению (в короткие сроки) новейших технологий, которые для наших разработчиков и производителей во многом станут прорывными, создать свои независимые библиотеки проектирования, дизайна, упаковки, включая и свои IP-блоки.

Достаточно сказать, что разработка новых технологий на Западе – это результат тесной интеграции большого числа компаний, научных институтов и университетов с оснащением их дорогостоящим ультрасовременным оборудованием, созданным на основе кооперации, включая государственную поддержку. Чтобы понимать масштаб задачи, можно напомнить, что только штаб-квартира кампуса в Нидерландах в 2021 г. имела 24 тыс. ква-

дратных метров, где разместились научные и учебные центры, лаборатории, а также «чистые комнаты». Размеры научно-промышленных зон в области нанoeлектроники в США, например компании Albany Nanotech Complex возле Нью-Йорка, где расположены штаб-квартира и основные исследовательские центры крупнейшего в мире альянса компаний по полупроводникам Sematech, еще более впечатляют. Это объединение было создано на базе 14 крупнейших американских производителей чипов с целью обеспечения безупречной конкурентоспособности, и сегодня оно включает такие компании, как IBM, Intel, Samsung и др. и занимает более 50% мирового производства чипов.

Цель подобных структур – объединить финансовые, материальные, интеллектуальные ресурсы и имеющиеся базы для создания новых компетенций, материалов и технологий в стремлении обеспечить лидерство на мировом рынке.



А что в этой связи мы можем предпринять в Беларуси?

– Конечно, масштабы у нас значительно меньше. Тем не менее научными исследованиями и практико-ориентированными разработками в области микроэлектроники в Республике Беларусь в той или иной мере занимаются: институты и предприятия НАН Беларуси, и прежде всего Объединенный институт проблем информатики, Минский НИИ радиоматериалов, Центр радиотехники, ГНПО «Оптики и оптоэлектроники и лазерной техники», Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий и др., группа научно-производственных предприятий Министерства промышленности во главе с холдингом «Интеграл», научно-исследовательские подразделения ряда вузов (БГУ, БГУИР, БГПА и др.), частные фирмы, работающие по фаблесс-бизнес-модели. Задача здесь – кооперировать все эти структуры, выработать меры, сконцентрировать финансовые и материальные ресурсы и мобилизовать на поставленные решения.

В Беларуси сохранились и развиваются сложившиеся научные школы и направления, занятые созданием современных микроэлектронных технологий и их применением. Вместе с тем текущая ситуация требует оперативной консолидации научно-инновационного потенциала, четкой его специализации и формулирования конечных целей и задач.

Конечно, невозможно одноmomentно достичь схожих результатов с ведущими мировыми центрами-лидерами, которые изначально были ориен-

тированы на конкурентное превосходство и в этой связи формировали соответствующие инвестиции. Тем не менее нашим отечественным разработчикам также можно ставить амбициозные задачи, по крайней мере, в рамках действующих школ и имеющихся компетенций, и постепенно приближаться к лучшим мировым аналогам.

Пришло время признать, что развитие собственного микроэлектронного производства и обеспечивающей инфраструктуры является ключевым элементом технологической независимости страны, устойчивости и конкурентоспособности отечественной промышленности и играет ключевую роль в обеспечении национальной безопасности. В этой связи видится необходимость создания сильной интеграционной структуры вертикального типа, способной объединить производственные предприятия и научные организации по кооперационной цепочке с единым функциональным подчинением. Основной целью предполагаемой структуры должно быть обеспечение устойчивого функционирования и целевого развития

имеющейся системы микроэлектроники, а также формирование и развитие экосистемы микроэлектронного производства по подобию ведущих стран.

Конечно, все это может и должно происходить в кооперации с аналогичными российскими центрами и кластерами.

Наконец, в рамках означенной интеграционной структуры предстоит оперативно создать центр обучения и стажировки специалистов и разработчиков отечественной электронной компонентной базы и высокоподготовленных технологов микроэлектронного производства.

В качестве исходной крупной меры предполагается разработка (формирование) и последующая реализация первой Национальной программы развития микроэлектроники. Системообразующей организацией и базовым ядром видится Национальная академия наук Беларуси как имеющая научные школы, инновационные производства и способная интегрировать и нацелить различные структуры страны на достижение стратегических потребностей ведущих отраслей и предприятий. ■

