

Без модернизации производственной структуры не обойтись

А.В. ЛАТЫШЕВ, член-корреспондент РАН, директор Института физики полупроводников СО РАН, Новосибирск

В 1950–1960-х годах СССР стоял у истоков зарождения мировой микроэлектроники. По целому ряду направлений советские электронщики удерживали лидерство вплоть до 1980-х годов. Однако за последние 20 лет расстановка сил на мировых рынках кардинально изменилась. В статье рассмотрены современное состояние мировой и отечественной микроэлектроники, а также шансы России вновь занять достойное место на глобальном рынке элементной базы.

Ключевые слова: микроэлектроника, Институт физики полупроводников СО РАН, импортозамещение, элементная база

– Александр Васильевич, что сегодня происходит в мировой микроэлектронной промышленности? Каковы расстановка сил и особенности ландшафта?

– Когда говорят о современной микроэлектронике, подразумевают в первую очередь направления, связанные с производством микропроцессоров и так называемой «гонкой чипов» – постоянным увеличением плотности информации. Сформулированный более 40 лет назад закон Мура, согласно которому количество транзисторов на кристалле интегральной схемы удваивается каждые два года, продолжает действовать и сегодня, хотя особой нужды в этом уже нет, это скорее маркетинговый ход – каждый год выпускать новую, более мощную и быструю модель компьютера или телефона.

На этом поле лидерство давно и прочно захватили США, поскольку их система продвижения научных разработок оказалась самой прагматичной и настроенной на быстрое внедрение, а значит, быстрое получение прибыли и реинвестирование в новые разработки. Сегодня Intel сознательно поддерживает гонку чипов, чтобы сохранить свое лидерство: пока остальные пытаются их догнать по емкости чипа, они спокойно занимаются другими направлениями, работают на перспективу. Как-то в частной беседе мне их представитель признался, что в компании есть задел по ключевым направлениям на 8–12 лет вперед... Конкурировать с американцами на рынке процессоров сегодня пытается только

южнокорейский Samsung Electronics. Все остальные разработчики – немцы, французы, японцы – работают над другими направлениями в микроэлектронике, а процессоры производят по американским лицензиям.

В США имеется пять предприятий, которые могут работать по технологическим нормам 22–32 нм и два – по самым современным на сегодня – 14 нм. На всех остальных заводах во всем мире используются американские же технологии, но более старших поколений. Наш «Микрон», например, вплоть до недавнего времени делал чипы по техпроцессу 180 нм и только в 2012 г. внедрил технологию на 90 нм¹, в 2014 г. начал работать над линейкой в 65 нм.

– Если все пользуются практически одинаковыми исходными элементами, в чем состоит конкуренция на втором этапе производства – готовых изделий?

– Это поле деятельности дизайн-центров, разрабатывающих на основе готового софта продукт под решение конкретных задач. Их конкурентные преимущества – знание соответствия алгоритмов, умение рассчитать необходимую емкость, взаимодействие, тактовую частоту, чтобы собрать нужный элемент оптимальным образом. С готовой программой они идут на «печатный завод» и заказывают свой тираж. Каким образом идет сама печать, на этом этапе и на этом рынке уже никого не интересует. Как вас, например, не интересует устройство печатного станка, на котором выпускается ваш журнал. В целом большой печатный завод может изготавливать на одной и той же линии, условно говоря, два дня в неделю чипы для iPhone, два – для Samsung, два – для Microsoft. Наши разработчики суперкомпьютера тоже часть элементной базы заказывают в Корею. Мир давно интегрирован, и бороться с этим нет смысла.

В то же время есть масса сфер применения, в которых вес и емкость не являются критичными показателями, и суперминиатюрные элементы не нужны. Это и пластиковые карты, и системы управления в промышленности, и измерительная техника, и спектр использования АЦП (аналого-цифровых преобразователей). Там активно и весьма успешно применяются другие линейки чипов.

¹ Производственная технология приобретена у франко-итальянской компании STMicroelectronics.

Собственно, когда мы говорим об импортозамещении электронной компонентной базы в России, речь идет именно об этом. Мы не собираемся конкурировать с iPhone, но на линиях второго порядка можем быть вполне конкурентоспособны...

К тому же у нас есть заделы по другим глобальным направлениям конкуренции в микроэлектронике, где пока явных лидеров нет. Например, одна из таких проблем, над которой бьются ученые разных стран, – удешевление производства.

Этот процесс требует очень дорогого технологического оснащения: должны быть чистые помещения, полностью автоматизированные линии и т.п., из-за этого высоки требования и к объемам выпуска. Порог рентабельности одного «печатного» завода – обработка не менее 1000 пластин в сутки.

Удешевлять производство можно разными способами. Например, идут активные поиски оптимального материала для внутричиповых соединяющих проводников. Идеальный проводник с точки зрения качества – золото, но оно дорогое. Медь значительно дешевле и достаточно проста в обработке, но не так устойчива к химическим воздействиям. Соответственно, кто-то ищет способ защитить медные каналы от внешних воздействий, кто-то пытается найти на роль проводника другие металлы или сплавы... Другой глобальный тренд научных изысканий – поиск новых способов структурирования кристалла (литография). Сегодня это может быть фотопечать, рентген, электронно-лучевая, ионно-лучевая печать и т.д. У каждого из этих методов свои плюсы и минусы.

Кроме того, есть и другая электроника – арсенид-галлиевая, на которой работает СВЧ-техника. Там наиболее ходовой размер элементов – 250 нм, но очень остро стоит проблема удешевления технологии выращивания кристаллов.

Таким образом, если не брать в расчет рынок микропроцессоров, по всем остальным направлениям микроэлектроники пока однозначных лидеров нет, и Россия еще может побороться за призовое место.

– *Над какими проблемами в микроэлектронике работает ваш институт?*

– Одно из направлений – переход на альтернативные подложки, связанный с гетероэпитаксиальными технологиями, когда в качестве подложки микросхемы используется не кремний

в чистом виде, а гетероэпитаксиальные структуры – слои других материалов (например, арсенид-галлий). Мы этим направлением активно занимаемся и как научные исследователи, и как участники реального сектора экономики, поставляя около 1000 пластин в год для нужд оборонной промышленности.

К этому же направлению относятся и так называемые КНИ-структуры (кремний на изоляторе), которые используются при создании радиационно-стойких электронных элементов для атомной, космической промышленности и военных объектов. Здесь созданы неплохие заделы. В Институте самостоятельно выращивают эпитаксиальные структуры для различных университетов и исследовательских центров, производят под заказ эпитаксиальные установки и налаживают эпитаксиальные технологии на площадях заказчика.

Второе направление – разработка электроники на новых физических принципах – то есть создание принципиально иных структур, не транзисторов. Например, это может быть двумерный электронный газ или такие структуры, в которых информация переносится не самим электроном, а его спином². Мы над этими задачами тоже работаем, но, конечно, это уже область, скорее, фундаментальных исследований. Хотя... двумерный газ, полученный по собственной технологии, институт уже сегодня поставляет не только в российские исследовательские центры, но и в Бразилию, Германию, Францию, Китай, Америку и т.д.

К фундаментальным исследованиям можно отнести и переход к трехмерной архитектуре. На сегодня микросхемы производят по планарной технологии: независимо от количества слоев сверху (от 7 до 12) активных элементов внутри пластины нет – только обеспечивающие (проводники, резисторы и т.д.), а все транзисторы располагаются внизу. Изыскания в области трехмерной архитектуры – это еще один глобальный тренд в науке.

– А наша промышленность готова воспринять и реализовать научные разработки института, организовать какую-то кооперацию в сфере производства электронных приборов?

² Спин (от англ. spin – вертеть [-ся], вращение) – собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого.

– Если ориентироваться на реальное состояние российской промышленности, мы отстанем бесповоротно. В определенном смысле многое из того, что мы делаем, – это попытка обогнать, не догоняя, создать оригинальную технологию.

Тем не менее у нас существуют достаточно крепкие кооперационные связи с предприятиями ВПК, в том числе в Новосибирске. Здесь много организаций, которые работают на оборонный заказ. Это Новосибирский завод полупроводниковых приборов с ОКБ, НПО «Восток», ОАО «Октава», ОАО «Швабе-Приборы», ОАО «Катод» и другие. У них есть квалифицированные кадры, определенные наработки, есть понимание своих сильных и слабых сторон, готовность переходить к более современному уровню. Например, мы совместно с НПО «Восток» делаем сверхчувствительные нанопроволочные сенсоры для биологов. Материал и литография наши, а корпусирование и системы считывания – заводские. Кроме того, мы нередко участвуем в совместных ОКР для нужд оборонной промышленности. У нас есть соответствующие лицензии.

– *Как вы оцениваете шансы российской микроэлектронной промышленности по импортозамещению?*

– Нужно понимать, о каком именно импортозамещении идет речь. В части элементной базы возможности наших предприятий, как говорится, оставляют желать лучшего. Самый современный российский завод – зеленоградский «Микрон» (с технологией 90 нм), и он такой один. Соответственно, это и очередь, и ограничения по размерам заказа – не менее 1–2 млн ед., так как эксплуатационные расходы очень высокие.

В принципе, для производства это не так уж критично. Если предприятиям нужны микросхемы как таковые, никаких проблем с их покупкой за рубежом нет. Ограничения на импорт, как правило, вступают в силу, когда речь заходит о готовых процессорах или устройствах. В итоге кто-то пытается делать их самостоятельно на основе западных микросхем, кто-то заказывает по кооперации. Нужно понимать, что в целом наши заводы играют на другом поле – выпускают приборы, и довольно мощные.

Другое дело, что состояние отечественной промышленной базы ограничивает возможности в части разработок – нам ведь нужно где-то апробировать свои идеи, выпускать небольшие партии опытных образцов. На данный момент отсутствие необ-

ходимых мощностей – это действительно серьезное ограничение, потому что на Западе заказывать соответствующие микросхемы ограниченного тиража – это и дорого, и непросто с организационной точки зрения.

Если бы в России появилось несколько небольших «печатных заводов», пусть не топового, но приличного уровня, которые могли бы выполнять функции центров прототипирования, это дало бы сильный толчок развитию отрасли. Кстати, одно время ОАО «Росэлектроника» вело разговоры о том, чтобы построить в Новосибирске небольшую фабрику по производству микрочипов с типологией 120 нм. Сейчас эти планы пересматриваются с учетом нынешней ситуации, но строительство кремниевой линейки по-прежнему актуально. Для нашего института, как и для ряда предприятий Новосибирска такая «линейка» чрезвычайно важна, но удастся ли найти финансирование...

– Насколько это оправданно экономически? Действительно ли внутренний рынок такой емкий, что сможет переварить продукцию нескольких новых заводов, пусть даже некрупных?

– Мне кажется, это вполне может сработать, если будет внятный заказ на микросхемы с определенными параметрами, под твердые гарантии сбыта или заключения контракта на 3–5 лет. Кто мог бы сформировать такой заказ? Это в первую очередь оборонный комплекс, включая силовые структуры, «Росатом» и «Роскосмос». Там, где 100%-й контроль государства и есть серьезные ресурсы, чтобы обеспечить достаточно емкие рынки сбыта и использовать отечественные комплектующие вместо зарубежных.

– А такие отрасли, как ЖКХ или нефтегазовый комплекс? Там тоже очень востребованы современные контроллеры.

– Я здесь не вижу большого потенциала по нашей тематике. В ЖКХ сама среда сильно сопротивляется повышению прозрачности, ведь пока все потери оплачиваются за счет потребителей, нефтегазовый сектор прямой спрос на элементную базу не предъявляет, только опосредованно – через продукцию машиностроения. А у машиностроителей свои проблемы – помимо систем ЧПУ им нужны еще определенные сорта металла, металлургическое оборудование и т.д., т.е. они вряд ли будут вкладываться в разработку собственной элементной базы.

– *Есть опасение, что опора исключительно на госзаказ в очередной раз приведет нас к неэффективной распределительной системе, которая очень далека от конкурентных рыночных отношений.*

– Я сейчас не рассматриваю процесс распределения ресурсов, а просто анализирую, где и каким образом может быть востребована отечественная элементная база. Мы же на самом деле очень мало знаем о том, что происходит на наших предприятиях. Какие элементы, устройства используются, в каком объеме. А для реальной оценки наших возможностей в импортозамещении нужно как минимум представлять себе облик продукта, который мы хотим получить. Потому что именно конечный продукт определяет, какие параметры элементов ключевые, а какие – второстепенные. Пока такого образа продукта у нас нет, все НИР и ОКР ведутся «вслепую», что, конечно, неэффективно.

Более того, мне приходится общаться с директорами многих предприятий, входящих в «Росэлектронику», и, насколько я понял, даже там, несмотря на централизованное планирование, есть серьезная проблема с целеполаганием. Некоторые предприятия сталкивались с тем, что, выполнив полученную «сверху» разрядку на изготовление микросхем, не могли реализовать готовую продукцию. Например, заказ поступил на 1,5 млрд руб., выкупили на 500 млн, а с остальным делайте что хотите. А ведь, как правило, под будущий контракт помимо бюджетных средств предприятиям приходится привлекать кредитные ресурсы...

– *Говорят, сейчас в госкорпорациях, в той же «Росэлектронике» в рамках экономии средств устраняется внутренняя конкуренция...*

– Это отдельная проблема, и она существует во многих корпорациях. Да и в науке есть такая тенденция. Дают тебе задачу, и ты над ней корпишь один – ни посоветоваться с кем-то, ни поделиться опытом. Это, на мой взгляд, порочный подход. В Америке к решению каких-то сложных задач привлекают даже не 2–3, а 5–10 компаний или творческих коллективов, работающих параллельно. И заказчик, и исполнители знают, что в тендере потом победит кто-то один, но зато остальные накопят опыт, смогут найти какую-то оригинальную идею, которую потом можно будет использовать. В конце концов, можно несколько идей объединить и получить какой-то интересный результат.

У нас же шаг влево, шаг вправо – и ты попадаешь под статью за нецелевое расходование средств.

– *Ваш институт работает в рамках грантов или госзаданий?*

– Стараемся использовать все возможности. Мы же свои сильные стороны видим гораздо лучше, чем чиновники, распределяющие госресурсы. Сейчас финансирование на разработку получает тот, кто выиграл конкурс Минпромторга, остальные, по сути, должны похоронить данное направление. Но в науке не бывает торных дорог. Если мы чувствуем потенциал той или иной разработки, стараемся найти на нее средства любыми путями. Привлекаем гранты, зарабатываем на коммерческих контрактах...

Сейчас вот стоим на распутье. Мы некоторые коммерческие заказы выполняем на исследовательских установках, у которых ограничение по линейным размерам кристалла – 75–100 мм, а промышленность начинает переходить на кристаллы 150 мм, которые мы делать не можем. Покупать другую установку без гарантии сбыта рискованно, но гарантии такой никто нам дать не может, вот и думаем, как быть. Кто вообще может просчитать, чтобы вся цепочка от разработки до конечного продукта заработала, чтобы емкость внутреннего рынка была достаточной?!

В плановой экономике таких вопросов не возникало, в рыночной экономике нужны какие-то свои механизмы настройки, свои работающие процедуры разделения рисков, но мы пока их не видим.

– *Существует ли возможность на региональном уровне собрать производственную цепочку по каким-то изделиям? Не по прихоти начальников, а исходя из существующего потенциала, чтобы выйти на рынок с готовым изделием?*

– Мы выпускаем ряд изделий, в том числе в кооперации с местными заводами. Но возможности сильно ограничены. У института нет соразмерной нашим потребностям производственной структуры. Собственная производственная база – опытная, рассчитана на соответствующие объемы. К тому же на ней работают не штатные инженеры и рабочие, а ученые, для которых эта деятельность не основная. Если речь идет о тираже 1000–1500 пластин в месяц, мы с этим справляемся, но за более крупной серией нужно ехать в Зеленоград. А там большой «электронный принтер», оснащенный самым современным оборудованием и работающий на импортных, очень дорогих расходных материалах.

Даже заказы в 1 млн пластин для него слишком незначительные и не представляют интереса.

Найти выход из положения можно с помощью небольших компактных фабрик прототипирования. На них можно было бы и отрабатывать технологии для серийного производства и выполнять небольшие заказы для нужд местных заводов и исследовательских центров. Оптимально было бы создать такую структуру при технопарке с его особым режимом для приобретения оборудования, потому что ни один институт или завод такой проект не потянет, да и статус у него должен быть именно как у центра коллективного пользования.

Сейчас уже появились технологии, позволяющие строить небольшие мелкосерийные печатные фабрики кластерного типа. Это продемонстрировали японцы: там обходятся без огромных чистых помещений (основная расходная статья при строительстве «печатных» заводов), упаковывают все комплектующие в вакуумные контейнеры и отправляют по конвейеру, где с ними совершаются различные процедуры. Это на сегодняшний день одна из общих тенденций в мире – создание компактных, быстро настраиваемых гибких производств. Нам тоже надо бы двигаться по такому пути.

– Но это все равно рынка не создаст. Кто будет потребителем этой продукции?

– Очевидно, на первых порах все те же «Росатом», «Роскосмос» и ОПК. Здесь быстрой революции не произойдет. Но отрасль в целом все равно будет развиваться быстрее. Эти фабрики позволят уйти от монополии «Микрона», придадут импульс развитию множества дизайн-центров. Процесс оживится, среда изменится, общие издержки будут снижаться, и тогда уже можно будет говорить о выходе на другие рынки – ЖКХ, «РЖД», бытовой электроники... Проблема в том, чтобы дать толчок развитию. А тут, как ни крути, без модернизации производственной структуры не обойтись.