

Меры по развитию отечественной микроэлектроники в современных условиях

Всеволод Эннс, к. т. н.¹

УДК 621.37 | ВАК 05.27.06

В планах Правительства РФ предусмотрена существенная поддержка микроэлектронной отрасли. В предлагаемых к финансированию программах делается акцент на развитие дизайн-центров, разрабатывающих интегральные схемы, с привязкой их изделий к финальной продукции в рамках сквозных проектов. Дальнейшее укрепление отечественной микроэлектроники неразрывно связано с системным развитием отрасли, концентрацией всех участников программ развития вокруг крупных производственных центров, поэтапной реализации планов на основе профессионального опыта и приобретенных компетенций.

АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛЬ, РИСКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

С середины прошедшего десятилетия обострилась проблема импортозамещения электронной компонентной базы (ЭКБ), используемой в отечественной аппаратуре, из-за первых санкционных ограничений на поставку отдельных видов микросхем для некоторых отраслей. К настоящему времени данные ограничения уже введены не только на поставку конечной продукции – микросхем и других компонентов, но и на продажу оборудования и материалов для изготовления ЭКБ, а также на производство за рубежом разработанных в России интегральных схем. Следует иметь в виду, что отказ в изготовлении разработанных в РФ микросхем исходит не только от компаний, тесно связанных со странами, вводящими санкции, но и от компаний, приобретающих у этих стран оборудование и материалы, получающих лицензии.

Для решения проблемы импортозамещения необходимо создание комплексной программы развития отечественной микроэлектроники.

На актуальность задачи импортозамещения ЭКБ указывают и многие другие факторы. Это и высокая вероятность наличия незадекларированных возможностей, которые нельзя обнаружить традиционными способами, и прекращение производства освоенных изделий, в том числе из-за внедрения их более продвинутой версии, и отсутствие на рынке микросхем с требуемым уровнем качества.

Проведенное исследование показало, что в отечественной аппаратуре используются десятки тысяч

наименований импортных микросхем, потребление которых зачастую ограничено количеством 10–100 шт. в год. Воссоздание всех типов интегральных схем, применяемых в отечественной аппаратуре, невозможно ввиду ограниченности выделяемых на разработку и производство ресурсов и недостатка времени. Поэтому программа развития наряду с базовыми принципами должна носить инновационный характер, отвечать на вопрос: «За счет каких технических и организационных решений в области микроэлектроники можно обеспечить развитие отечественного приборостроения на современном уровне?».

Цель программы – создание условий для ускоренного развития всех составляющих отечественной микроэлектроники: от разработки до производства. Реализация программы должна не только обеспечить импортозамещение в области ЭКБ для ВВСТ, но и технологическую независимость в критических гражданских направлениях.

Основа программы – центральная роль полупроводниковых фабрик и НИИ, определяющих техническую политику этих фабрик. Все работы по созданию оборудования, материалов, САПР, библиотек должны быть «привязаны» к конкретным производствам. Такой подход даст возможность создания унифицированных рядов технологий, реализации унифицированных библиотек и сложно-функциональных (СФ) блоков, формирования типовых требований к внешним воздействующим факторам и надежности, материалам и оборудованию. Вокруг полупроводниковых фабрик формируются организации: разработчики ЭКБ, заполняющие

¹ АО «Дизайн Центр «Союз», генеральный директор, mail@dcsouyz.ru.

производственные мощности фабрик продуктами; выстраиваются производства по корпусированию, испытательные центры и другие организации, предоставляющие сопутствующие услуги. Разработка микросхем с изготовлением на зарубежных фабриках является дополнительной задачей, в рамках которой, в том числе, разрабатываются изделия для будущих отечественных производств.

Другим ключевым направлением программы должно стать ускоренное развитие дизайн-центров, которые являются разработчиками конечной продукции. Дизайн-центры в силу своей мобильности, необременности второстепенными функциями, нацеленности на прорывные решения точечных задач могут стать основными драйверами проведения в жизнь технической политики в области создания перспективной ЭКБ.

Тенденцией последнего времени является характерная для современного маршрута проектирования концепция широкого использования готовых СФ-блоков. Правила формирования и распространения СФ-блоков должны быть учтены в программе.

Реализация программы будет осложнена целым рядом факторов, без учета которых программа может забуксовать на начальном этапе выполнения. Этими факторами являются: недостаток разработчиков, ограниченность финансовых ресурсов, недостаточные кооперационные связи, отсутствие задела по многим направлениям разработки, отсутствие базовой номенклатуры ЭКБ, которая может лежать в основе передовых изделий.

Очевидно, что важнейшим риском решения задачи комплектования аппаратуры отечественными современными микросхемами является текущее состояние отечественных полупроводниковых фабрик, накопленное отставание в реализации минимальных проектных норм, отсутствие необходимых технологических опций, ограниченные возможности в наращивании объемов производства.

Большим риском в реализации программы является кадровая проблема. Специалистов с опытом работы в области микроэлектроники мало. Сказались и девяностые годы, и массовый отток квалифицированных кадров за границу. Формирование инженерных кадров для микроэлектроники – процесс длительный. Ориентироваться можно на следующие известные факты: специалист по аналоговым микросхемам сможет самостоятельно проектировать схему лишь через семь лет после начала работы в этой области; вновь созданная команда специалистов в состоянии начать работу по разработке микросхем только через два года после образования команды. Длительное время формирования кадров в микроэлектронике говорит о необходимости повышенного внимания к этой проблеме. Недопустимо,

когда сотрудники предприятий по разработке и производству интегральных схем получают зарплаты в несколько раз ниже, чем в смежных отраслях или при работе на зарубежные компании.

Помимо комплектования технических кадров, должен быть сформирован и административный ресурс, так как от этих специалистов зависит правильность и авторитетность менеджерских решений, что важно в условиях ограниченности финансовых и иных возможностей. Управленческие решения развития отрасли на уровне департаментов Минпромторга России должны приниматься с участием специалистов и руководителей предприятий, которые имеют опыт работы и достигли результатов в области микроэлектроники, что может быть организовано на уровне экспертных советов по различным направлениям.

Необходимо учесть опыт, полученный при реализации предыдущих федеральных целевых программ в области микроэлектроники. Особое внимание уделить вопросам внедрения разработанной ЭКБ в конечные изделия, выстраиванию механизма объективного, компетентного рассмотрения применяемой в аппаратуре ЭКБ, начиная с начальных стадий проектирования. Также необходимо провести оптимизацию процесса планирования, выполнения и приемки опытно-конструкторских работ (ОКР) в части исключения избыточных требований, постановки научно-исследовательских работ (НИР), предваряющих ОКР, введения этапа эскизного проектирования в рамках ОКР с возможностью изменения технического задания (ТЗ) по результатам реально достигнутых характеристик изделия.

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Первоочередные задачи развития отечественных микроэлектронных производств на текущий момент:

- постановка дополнительных технологических опций на имеющихся производствах. Для существующих производств необходимо запустить технологии: BCD, микроболометров, FRAM (MRAM), SiGe, EEPROM, DRAM. Одна часть из перечисленных технологий может быть поставлена в существующих гермозонах, другая требует создания выделенных участков, находящихся по соседству с существующим производством. Помимо этого, на существующих полупроводниковых производствах необходимо развить технологии и правила проектирования для создания аналоговых и высоковольтных микросхем, специальных ПЛИС, Flip-Chip кристаллов;
- запуск полномасштабного производства выпуска пластин по технологиям объемного кремния

и КНИ, где есть существенный задел. Приобретено оборудование, проведены первичные технологические работы;

- строительство фабрики с производством 300-мм пластин по технологии 28 нм и менее. Эта задача актуальна уже много лет, так как большинство современных микросхем для изделий специального назначения могут создаваться именно по этой технологии. Несмотря на неизбежное устаревание такой технологии, она будет востребована не одно десятилетие;
- расширение существенного производства фотошаблонов и создание производства фотошаблонов, приемлемых по качеству для полупроводниковых производств с уровнем технологии 90 нм и менее;
- освоение серийного производства кремниевых и КНИ-пластин диаметром 200 мм;
- создание производственных центров с возможностью общего доступа к ним по современной сборке, включая сборку в ВГА и пластиковые корпуса, по изготовлению печатных плат и модулей. Такие неосновные производства, а также испытательные и другие центры могут быть организованы на уровне частных предприятий с финансовой поддержкой от государства на дооснащение современным оборудованием.

Помимо первоочередных задач, в создании новых полупроводниковых производств необходимо сформировать задел материалов и комплектующих, не менее чем на три года, если срок годности позволяет. Должна быть реализована концепция наличия второго поставщика, где это возможно. Для решения этих задач должно быть выделено целевое финансирование, так как коммерческие предприятия по экономическим причинам не в состоянии обеспечить отвлечение средств в необходимом объеме.

Все программы по созданию отечественных материалов и оборудования должны быть привязаны к конкретным производствам с обязательным оформлением актов внедрения, которые должны фиксировать по технологическим картам факты использования созданных средств.

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Текущая ситуация в области разработки ЭКБ аналогична ситуации в отрасли в целом. Основными препятствиями в развитии являются недостаток специалистов, ограниченность имеющихся финансовых ресурсов, недостаточные кооперационные связи, отсутствие научно-технического задела. В этих условиях ускорить

развитие разработки можно за счет правильного планирования и организации работ. Можно выделить первоочередные задачи в области организации разработки изделий микроэлектроники.

Первая задача – определение головных дизайн-центров и НИИ, ответственных за ключевые направления разработки интегральных схем (2–4 компании на каждое направление). Для достижения значимых результатов в микроэлектронике необходим научно-технический задел, который формируется десятилетиями. Невозможно достичь передовых характеристик ЭКБ, если заниматься различными направлениями микроэлектроники в рамках одной компании. Исключения – крупнейшие компании с огромным штатом разработчиков. Единственный путь получения результата в России – специализация компаний.

Головные организации – организации, ответственные за формирование и реализацию технической политики по направлениям микроэлектроники. Основные требования к головным организациям:

- доказанные компетенции в данном направлении:
 - наличие разработанных образцов и поставок,
 - выполнение работ в рамках НИОКР, в том числе внутренних;
- способность проводить работы в рамках ключевого направления:
 - наличие специалистов,
 - наличие опыта работы,
 - наличие прочих необходимых ресурсов (лицензий, оборудования и т. д.),
 - наличие необходимых лицензий и других документов;
- желание участвовать в работе.

После формирования списков головных организаций можно перейти к реализации следующих задач.

Вторая задача – формирование планов развития направлений разработки ЭКБ. Планы формируются головными дизайн-центрами в рамках своих направлений и должны предусматривать детальное планирование на 5 лет, а также долгосрочное – на 10 лет. В рамках указанных планов должны быть представлены достигаемые целевые показатели с разбивкой по этапам, требуемые сроки и финансовые ресурсы. Планирование должно, кроме исключительных случаев, опираться на имеющиеся и строящиеся отечественные полупроводниковые фабрики.

Третья задача – формирование рабочих групп экспертов из числа основных потребителей ЭКБ, представителей полупроводниковых фабрик, ФГБУ «ВНИИР» и Минпромторга России для согласования планов развития. Рабочие группы отвечают за взаимоувязку технических требований и сроков появления перспективной ЭКБ с планами по ее производству (наличию

технологической возможности) и применению в аппаратуре.

Четвертая задача – сведение планов развития в единую программу. На этом этапе должно быть проведено определение объема необходимого финансирования в том числе с разбивкой по периодам. Срок программы должен быть не менее 10 лет с учетом длительных циклов разработки и производства микросхем. Опытно-конструкторские работы желательно предварять научно-исследовательскими работами, по завершению которых формируется и согласуется с рабочими группами техническое задание на ОКР.

Пятая задача – практическая реализация программы развития. Данный пункт подразумевает выбор оптимальной процедуры заключения соглашений с головными организациями с учетом действующего законодательства, принципа последовательного финансирования работ по мере достижения результата по каждому этапу, а также соразмерности финансирования масштабу организации-исполнителя.

ФОРМИРОВАНИЕ РЫНКА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Формирование рынка является необходимым элементом развития отечественной микроэлектроники. И не только по экономическим причинам, но и потому, что только серийное и массовое производство позволяет отладить технологические процессы и сами изделия на должном уровне качества. Следует исходить из понимания того, что отечественного рынка вполне достаточно для загрузки существующих отечественных микроэлектронных компаний и этот внутренний рынок при наличии разумных правил работы на нем значительно проще, чем внешний. При этом очевидно, что использование отечественной ЭКБ в аппаратуре специального назначения, включая космическую, имеет определенные конкурентные преимущества на мировом рынке, так как есть опасность, понятная для покупателей отечественных систем, использования западными странами незадекларированных возможностей именно в сфере ЭКБ.

Микроэлектронная продукция иностранного производства, уровень которой сопоставим с производимой в нашей стране, на российском рынке присутствует. Как правило, ее потребительские характеристики (номенклатура, средства поддержки, документирование, качество, исполнение и т. д.) превосходят параметры отечественной продукции соразмерно финансированию, направленному на развитие микроэлектроники. Поэтому сотрудники аппаратурных предприятий предпочитают импортную продукцию отечественным аналогам. Трудно обязать отказаться от применения импорта при наличии отечественных аналогов, так как

специалист аппаратурной организации по формальным признакам (техническим характеристикам) всегда «докажет» необходимость применения именно зарубежных изделий.

Очевидно, что микроэлектронные предприятия в этих условиях не могут отвечать за количественные показатели внедрения разработанных за государственные деньги микросхем, хотя экономически они в этом заинтересованы.

Практика показывает, что значительный прогресс в импортозамещении ЭКБ в изделиях специального назначения может быть достигнут, только если заказывающая аппаратуру вышестоящая организация проводит целенаправленный курс на применение отечественной ЭКБ. Только там, где есть персонально ответственные руководители и выполняются показатели импортозамещения, виден явный прогресс в этом вопросе.

Формированию рынка отечественной специальной микроэлектроники в отдельных случаях могут помочь вопросы соблюдения безопасности, когда необходим частичный или полный запрет на применение импорта. В этих условиях разрабатывающие аппаратуру предприятия ищут и, как правило, находят технические решения для достижения требуемых характеристик аппаратуры, построенной на российских комплектующих.

Можно перечислить комплекс мер, направленных на развитие рынка специальной микроэлектроники:

- проведение экспертизы выбора ЭКБ аппаратурными предприятиями с привлечением разработчиков микросхем (возможно по линии руководителя приоритетного технологического направления «Электронные технологии» и ФГБУ «ВНИИР»);
- установление запрета на использование ЭКБ импортного производства в особо ответственных изделиях (расширить этот список);
- установить показатели эффективности и персональную ответственность руководителей аппаратурных предприятий и заказчиков аппаратуры за достижение целевых показателей импортозамещения ЭКБ;
- провести комплекс работ и обеспечить целевое финансирование программ по унификации аппаратуры с использованием ЭКБ отечественного производства.

При формировании отечественного рынка гражданской микроэлектроники целесообразен точечный выбор направлений развития гражданской продукции, в рамках которых обеспечивается полная государственная поддержка, включая ограничение импорта. Возможны и другие приемы стимулирования, широко применяемые другими странами. Например, разработка

национальных стандартов на определенные виды продукции, в составлении которых участвуют микроэлектронные компании, которым заранее известно их содержание и сроки введения, из-за чего они имеют значительный перевес в конкурентной борьбе.

При грамотном подходе к организации процесса импортозамещения может быть запущен механизм, дающий преимущества отечественным разработчикам ЭКБ, а именно, возможность совместной работы с разработчиками аппаратуры, обусловленную территориальной близостью и отсутствием языкового барьера. Другим преимуществом является естественная унификация технологических рядов, типов микросхем, их технических и эксплуатационных характеристик, вытекающая из ограниченного количества российских микроэлектронных предприятий.

В настоящее время планы по развитию микроэлектроники и формирование рынков решено объединить в сквозные проекты. Однако в реализации сквозных проектов существуют большие риски, основным из них является риск фрагментарности задач, не связанных в единую программу развития микроэлектроники. Соединение проектов в матрицу не сможет обеспечить комплексного развития всего микроэлектронного сектора. Другим риском является то, что концентрация средств, планирование и отчетность будут находиться в руках головных организаций по разработке аппаратуры, которые далеки от проблем микроэлектроники и будут проводить техническую политику, направленную не на развитие микроэлектронного сегмента, а на решение текущих задач в рамках конкретных направлений создания аппаратуры и финальных систем, разработка которых предусмотрена в рамках сквозного проекта.

Стоит перенять опыт аналогичной по масштабу задачи становления микроэлектроники в шестидесятых годах прошлого века. А. И. Шокиным были организованы цепочки: кадры – разработки – производство – оборудование – материалы. Было создано министерство электронной промышленности (МЭП) и много микроэлектронных площадок, на основной из которых, в Зеленограде, были созданы НИИМЭ с заводом «Микрон» (разработка и производство), НИИТТ с заводом «Ангстрем» (разработка и производство), НИИМВ с заводом «Элма» (материалы), НИИТМ с заводом «Элион» (оборудование) и МИЭТ (кадры). То есть была развернута масштабная комплексная программа по микроэлектронике.

ВОПРОСЫ УНИФИКАЦИИ

Унификацию в микроэлектронике следует начинать с унификации технологий изготовления. Каждая из основных технологий: кремний-на-изоляторе (КМОП КНИ),

КМОП (объемный кремний), VCD, создание биполярных приборов, СВЧ, силовых приборов – имеет характеристики, варьируемые в заданных пределах. Технология определяет уровень радиационной стойкости, уровни питающих напряжений и другие параметры микросхем. Уровень технологии задает проектные нормы и влияет на ключевые параметры: плотность упаковки, быстродействие, потребляемую мощность.

Следует рассмотреть возможность унификации технологий на российских предприятиях, выпускающих изделия с одинаковыми топологическими нормами. Такой подход даст, в первую очередь, возможность взаимозаменяемости производства изделий, приобретения идентичных комплектующих и материалов, общее решение технологических и иных проблем, возможность взаимного распространения результатов НИОКР, использования одинаковых технологических карт, рецептов и маршрутов и т. д.

Особое значение имеют унифицированные ряды минимально необходимой номенклатуры ЭКБ. Создание унифицированных рядов ЭКБ – ответ на вопрос, что делать с задачей импортозамещения, если за последние десятилетия разработчики аппаратуры применили в своих изделиях десятки тысяч типоминималов разнообразной ЭКБ импортного производства. Сосредоточиться на так называемых прорывных продуктах не получится, так как для их создания нужна база – научно-технический задел. Нельзя перепрыгнуть через определенные этапы в разработке сложных изделий. А создание продуктов, уровень которых соответствует достигнутому в России технологическому уровню, вполне под силу отечественным разработчикам.

Унифицированные ряды ЭКБ определенных типов должны формировать головные организации – дизайн-центры и НИИ, ответственные за техническую политику в своих направлениях. При этом целесообразна увязка программ разработки унифицированной аппаратуры с планами создания унифицированных интегральных схем для нее.

В качестве положительного примера унификации можно привести так называемые гибкие решения [1]. На базовых матричных кристаллах можно не только спроектировать проблемно-ориентированные интегральные схемы, но и создать ряды универсальных микросхем. Экспертная оценка показывает, что доля универсальных ИС, созданных конфигурированием базовых кристаллов, может составить не менее 20% от минимально необходимых рядов аналоговых и цифровых микросхем. Такой метод требует значительно меньших финансовых и временных ресурсов и демонстрирует инновационный подход к решению сложнейшей задачи импортозамещения.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Одним из важнейших направлений развития микроэлектроники является разработка программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), с применением которых связан качественный прорыв в скорости создания сложной цифровой аппаратуры. Встраивание в ПЛИС сложно-функциональных (СФ) блоков позволило достичь параметров, характерных для заказных микросхем. Многоядерные процессоры, гигагерцовые сериалайзеры, сложные DSP-блоки и другие атрибуты современных гетерогенных ПЛИС превратили их в системы на кристалле (СНК), но, в отличие от них, из-за возможности программирования логики в зависимости от целевых задач гетерогенные ПЛИС универсальны и пригодны для разработки различной аппаратуры.

Применение микросхем ПЛИС зависит от наличия качественного программного обеспечения – САПР конфигурирования. Разработка и сопровождение САПР ПЛИС не менее сложный и трудоемкий процесс, чем разработка собственно микросхем. Размещение, трассировка, временной анализ схем заказчиков средствами САПР напрямую влияют на эффективность применения ПЛИС наряду с архитектурными и схемотехническими решениями. Другой важнейшей задачей в развитии направления ПЛИС является задача формирования и поддержки программных и аппаратных СФ-блоков, используемых в ПЛИС.

В России сформированы коллективы конструкторов ПЛИС, разработчиков САПР и СФ-блоков. Однако задача создания ПЛИС и инфраструктуры их поддержки настолько масштабна, что требует не только достаточного финансирования, но и особого внимания к вопросам создания и реализации долговременных планов развития этого направления.

Другим важнейшим направлением является разработка быстродействующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Разработчики радиочастотной аппаратуры переходят на методы прямого преобразования входных RF-сигналов, которые дискретизируются и оцифровываются без предварительной аналоговой обработки. Цифровой код с выходов АЦП поступает непосредственно на входы десериалайзеров ПЛИС. В РЛС по этому принципу работает аппаратура цифровых антенных решеток (ЦАР), которые приходят на смену аналоговым решеткам (АФАР) предыдущего поколения. Для оцифровки необходимы АЦП с высоким быстродействием и большой разрядностью. Задача создания таких АЦП не тривиальна, требует от команды разработчиков большого опыта работы и накопленного задела, который не может быть сформирован в одночасье. Для создания АЦП требуется не только наличие команд разработчиков,

но и соответствующей измерительной техники, специальных САПР и технологий.

Разработка процессоров занимает лидирующее место в микроэлектронных направлениях. Следует выделить три основных пути развития отечественных микросхем процессоров: процессоры собственной архитектуры (например, «Эльбрус»), процессоры, использующие открытую архитектуру (RISC V), и процессоры, построенные на основе архитектур западных компаний. Первое направление целенаправленно развивается усилиями коллективов разработчиков и управляется решениями государственных структур. Необходимо усилить внимание к развитию второго направления, обеспечивающего технологическую независимость, гибкость технических решений и доступность для многих разработчиков вычислительной аппаратуры в России. С этой целью необходима не только поддержка проектирования собственно микросхем на базе процессоров с открытой архитектурой, но и развитие программного обеспечения, с помощью которого микросхемы разрабатываются.

По экспертным оценкам до 30% универсальных аналоговых микросхем, схем управления питанием, контроллеров, логических схем могут быть выполнены на основе базовых матричных кристаллов – цифровых и аналого-цифровых. Развитие данного направления позволит формировать ряды минимально необходимой номенклатуры универсальной ЭКБ конфигурированием базовых кристаллов, то есть путем «зашивок» БМК. Сам процесс занимает короткое время и не требует привлечения больших финансовых ресурсов.

В микросхемах памяти следует обратить особое внимание на технологию изготовления FRAM (MRAM), EEPROM (FLASH). Разработчики аппаратуры регулярно запрашивают микросхемы динамической памяти, совместимой с протоколами DDR.

Особых программ развития требуют направления СВЧ-микросхем, микроболометров, фото- и ИК-приемников, других микросхем оптоэлектроники, силовых приборов и т. д. Особенности этих микросхем связаны не только с их разработкой, но и с производством, что должно учитываться в программах.

СБОРКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Корпусирование интегральных схем – одна из завершающих стадий микроэлектронного производства, в процессе которой полупроводниковый кристалл устанавливается в корпус, происходит соединение контактных площадок кристалла с выводами корпуса и его герметизация. Корпус микросхемы, наряду с кристаллом, определяет ее массогабаритные характеристики, функциональность и стоимость. Развитие технологий корпусирования является одной из современных тенденций

развития микроэлектроники в мире, обеспечивая постоянное улучшение характеристик изделий.

При этом доступные в России в настоящий момент технологии корпусирования отстают от современных мировых решений и перспективных технологий. В силу отсутствия достаточной кооперации многие предприятия стремятся развивать собственные сборочные производства. В результате, достаточно быстро осваиваются простые технологии сборки на одноконтурном оборудовании, а продвинутое оборудование остается неосвоенным из-за необходимости выделения существенных финансовых ресурсов, а также отсутствия массовых рынков сбыта для обеспечения окупаемости и поддержания стабильности технологии.

Первоочередные шаги в области развития технологий сборки должны быть следующие.

- В рамках организации микроэлектронных производств должно быть предусмотрено освоение технологий по подготовке полупроводниковых пластин к корпусированию: тестирование, утонение, резка, напыление UBM-слоя, формирование TSV-соединений, бампирование и др. Выполнение данных операций на стороне микроэлектронных фабрик существенно упростит организацию последующей сборки дизайн-центрами.
- Выделение финансовой поддержки от государства на дооснащение имеющихся сборочных производств, ориентированных на сборку изделий по заказам сторонних компаний.
- Предоставление преференций продуктам, сборка которых осуществляется на территории России.
- Включение работ по освоению продвинутых методов сборки в программу развития микроэлектроники.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ. САПР. СФ-БЛОКИ

В настоящее время определенное количество оборудования, материалов и САПР, используемые для разработки и производства микроэлектроники, импортные. Комплексно решить проблему зависимости от импорта в данных областях в обозримой перспективе не получится, поэтому необходимо выделить ключевые технологические направления, в рамках которых видна наибольшая уязвимость от существующих и возможных ограничений.

Основным принципом работы по направлению разработки оборудования должна стать привязка разработок к конкретному производству (полупроводниковой фабрике). То есть результатом работы по разработке оборудования или материала должно стать внедрение в серийную производственную линию с проведением необходимого объема испытаний и подтверждений.

Надо понимать, что речь не идет об «отверточной сборке» оборудования из импортных деталей, так как в этом случае не нивелируются риски ограничений и не развивается отечественное производство. Надо использовать в работе отечественные комплектующие.

Подходы, аналогичные организации разработки ЭКБ, должны найти применение и при разработке оборудования, материалов и САПР, а именно: соразмерность объемов финансирования размеру предприятия и поэтапное финансирование по мере достижения результата.

Современный подход к разработке ЭКБ подразумевает активное использование сложно-функциональных блоков, которые представляют собой функционально-законченные части схемы, такие как, например, вычислительные ядра или интерфейсы. Основное преимущество такого подхода – ускорение и упрощение разработки за счет использования уже отлаженных, хорошо описанных частей схем.

Качественную разработку и поддержание сложных СФ-блоков может себе позволить только крупная компания, так как объем работ по описанию, техподдержке и развитию СФ-блоков сопоставим с затратами на первоначальную разработку, при этом данные работы необходимо проводить постоянно.

В предлагаемой программе развития микроэлектроники целесообразно начать работу по развитию СФ-блоков с разработки и поддержания базовых СФ-блоков для отечественных технологий.

* * *

В рамках настоящей статьи изложены технические и организационные подходы, которые могут стать основой комплексной программы развития отечественной микроэлектроники на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Предложены первоочередные меры по основным направлениям работ, начиная с вопросов организации разработки ЭКБ и завершая сборкой и тестированием готовой продукции.

Развитие отечественной микроэлектроники в современных условиях подразумевает концентрацию всех участников отрасли вокруг отечественных полупроводниковых производственных центров, их ускоренного развития, а также поэтапной реализации планов на основе накопленного профессионального опыта и приобретенных компетенций.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексеев В. В., Телец В. А., Эннс В. И., Эннс В. В.** Импортозамещение ЭКБ: базовые матричные кристаллы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2016. № 2. С. 107–111.



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ



МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ



МИКРОСХЕМЫ АЦП и ЦАП



УСИЛИТЕЛИ и КОМПАРАТОРЫ



ЦИФРОВЫЕ СХЕМЫ



**ПРОГРАММИРУЕМЫЕ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ
МИКРОСХЕМЫ**



**АНАЛОГОВЫЕ КЛЮЧИ
МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ**



**СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПИТАНИЕМ**



**МИКРОСХЕМЫ
ДЛЯ ТЕЛЕМЕТРИИ**



ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДАТЧИКИ

 124482, г. Москва, г. Зеленоград,
ул. Конструктора Лукина, д.14, стр.1

 8 (499) 995-25-18

 mail@dcsoyuz.ru

 www.dcsoyuz.ru

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

 8 (499) 995-25-18 доб. 5403

 support@dcsoyuz.ru

