

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



Александр Сергеевич Якунин

ДИРЕКТОР ДЕПАРТАМЕНТА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Радиоэлектронная промышленность (РЭП) демонстрирует достаточно высокие темпы роста. Однако развитие важнейшего направления – микроэлектроники – становится узким местом и сдерживает дальнейшее развитие как самой РЭП, так и смежных отраслей промышленности.

Микроэлектронная цифровая техника выступает основой и способом функционирования любого современного радиоэлектронного оборудования во всех отраслях экономики и в быту. Доля ее стоимости в новейшем оборудовании колеблется от 20 до 85%. Сейчас в любой средней квартире имеется несколько десятков микроконтроллеров и приборов с использованием изделий микроэлектроники, в среднем современном автомобиле – 30 микроконтроллеров разного уровня функциональности. Деятельность всех служб управления от малого предприятия до железной дороги или системы противовоздушной обороны страны без микроэлектроники просто невозможна.

Как показывает анализ тенденций, складывающихся в сфере высоких технологий, развитие производства электронной техники, и прежде всего микроэлектроники, может стать одним из возможных путей возрождения российской экономики, изменения ее сырьевой ориентации на наукоемкую, технотронную, характеризующуюся эффективными производительными силами на основе микроэлектронных технологий.

Экономический анализ развития ведущих стран мира показывает, что в их успехах велика доля радиоэлектронных технологий, составляющих основу современных технологических укладов. В ведущих странах мира государственная поддержка развития электроники рассматривается как самый эффективный способ повышения конкурентоспособности национальной экономики и вхождения на мировой рынок. Среди таких мер

следует отметить не только участие государства в финансировании строительства современных производств, но и формирование плановой политики развития, введение льготных ставок налога, отмену платы за землю, практику ускоренной амортизации оборудования, предоставление льготных кредитов, безвозмездных субсидий, создание свободных экономических зон и технопарков.

Для преодоления имеющегося технологического отставания в нашей стране реализуется комплекс мер, основанный на документах, определяющих развитие микроэлектроники на ближайшую перспективу. К ним относятся: Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 года, ряд федеральных целевых программ и научно-технические программы Союзного государства. Со времени принятия этих документов, несмотря на ограниченное финансирование, в стране происходит ускоренное освоение микроэлектронных технологий нового поколения, создается современная инфраструктура высокотехнологичной микроэлектронной промышленности. Модернизирован ряд микроэлектронных производств. Начата реализация создания сети дизайн-центров проектирования проблемно ориентированных сложнофункциональных БИС типа «система-на-кристалле» на базе ведущих системных предприятий – разработчиков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Создан Межотраслевой центр проектирования, каталогизации и изготовления фотошаблонов, создаются базовые промышленные технологии микроэлектроники уровней 90 нм и ниже. В соответствии с ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы» начиная с 2011 года началась поэтапная реализация широкомасштабной программы приборных НИОКР по разработке цифровых и аналоговых микросхем, приборов полупроводниковой электроники, силовой электроники, опто- и фотоэлектроники, монолитных интегральных микросхем ВЧ и СВЧ, пассивных электронных компонентов, модулей и других классов электронной компонентной базы (ЭКБ) для систем специального назначения.

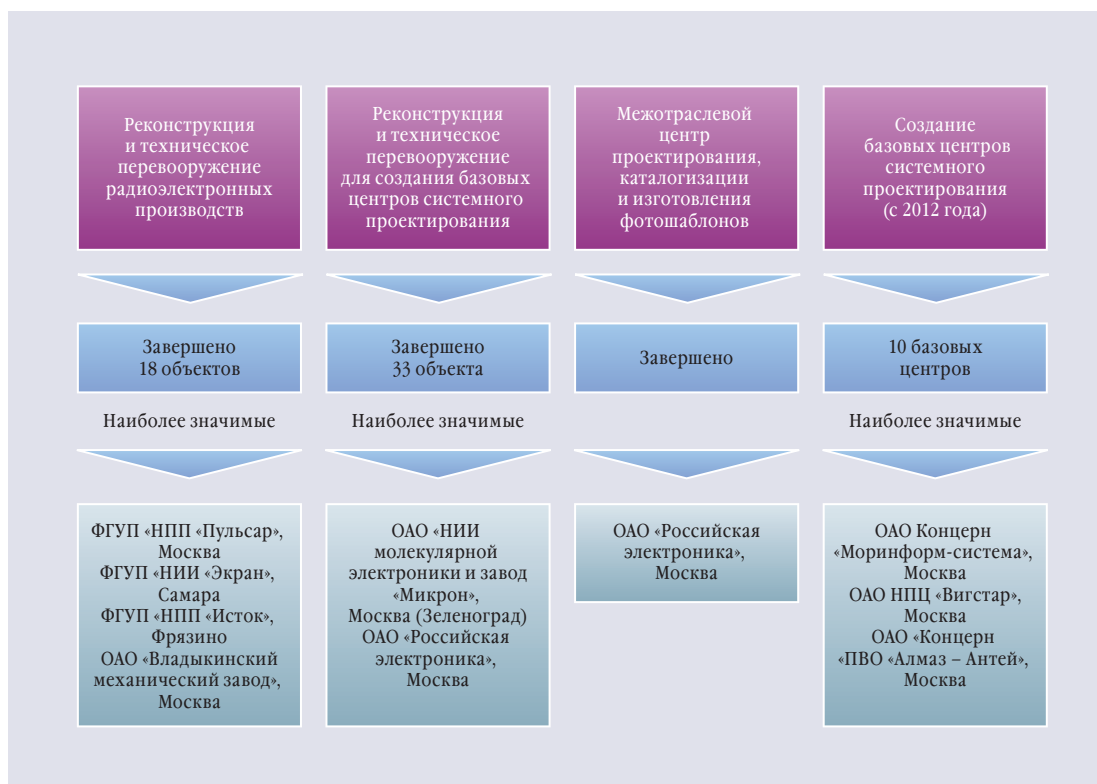
Однако необходимым условием рентабельности отечественного производства микроэлектроники является формирование социально значимых сегментов отечественного рынка – наиболее емких потребителей микроэлектронной продукции, в первую очередь таких перспективных направлений, как идентификационные документы с электронным носителем информации, изделия в радиационно стойком исполнении, радиочастотные метки для целей логистики, маркировки различных товаров (лесоматериалов, почтовых отправлений, книг, лекарственных препаратов, сельскохозяйственной продукции и животных и т.д.), изделия микроэлектроники для аппаратуры цифрового радио- и телевидения, мобильной связи, транспорта, навигационной аппаратуры ГЛОНАСС (ГЛОНАСС-GPS) и т.д.

Основной акцент в производстве изделий микроэлектроники делается на гражданские области ее применения, в первую очередь речь идет об использовании отечественных разработок микроэлектроники для производства электронных документов и меток. Так, ОАО «НИИМЭ и Микрон» в настоящее время производит около 25 млн меток для транспорта и других применений.

ОАО «СИТРОНИКС» (Москва), начав сотрудничество с крупнейшим шведским интегратором Strålfors Svenska AB, Ljungby, осуществило поставку партии RFID-меток для отслеживания и автоматической маршрутизации почтовых отправлений. Основными преимуществами данной технологии являются минимизация влияния человеческого фактора, сокращение времени доставки, а также возможность контроля большого объема почтовых отправлений на каждом этапе их перемещения. Ввиду размеров страны такой проект весьма эффективен.

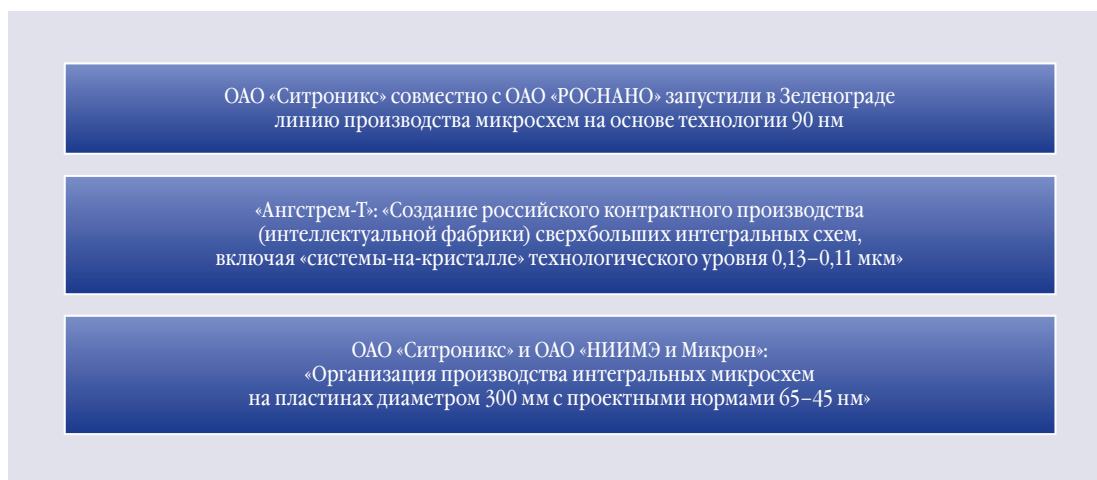
В ОАО «ЦНИИ «Циклон» закончилась инсталляция кластера и отладка технологии серийного выпуска микродисплеев на органических светодиодах (OLED). Область применения – визуализация изображения в мобильных приборах и компьютерах в любом телевизионном стандарте, в том числе в 3D-технологиях. Предполагаемый объем выпуска – 24 тыс. штук в год.

1



РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ФЦП «РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» НА 2008–2015 ГОДЫ В ЧАСТИ ИНВЕСТИЦИЙ

2



ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В 2012 году свыше 180 предприятий отрасли осуществляли внешнеторговое сотрудничество более чем с 70 странами мира. Продукция предприятий радиоэлектронной промышленности экспортируется в 52 страны мира. Доля изделий микроэлектроники в общем объеме экспорта – 6,1%.

Инвестиционная политика реализуется в отрасли через действующие федеральные целевые программы. В 2012 году только по ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы было предусмотрено финансирование из средств госбюджета в объеме более 9 млрд рублей, мероприятия по техническому перевооружению предприятий РЭП проводились на 67 предприятиях, причем на 11 предприятиях они были завершены. Приоритетными являются направления по развитию микроэлектроники, СВЧ-

электроники, радиационно стойкой ЭКБ, созданию дизайн-центров. Результаты выполнения первого этапа этой ФЦП приведены на рисунке 1.

В целях создания нового высокотехнологичного контрактного производства в отрасли реализуются крупные инвестиционные проекты, построенные на принципах государственно-частного партнерства (рис. 2).

Значительный объем работ по развитию базовых микроэлектронных технологий проводится в рамках действующих сегодня федеральных целевых программ и программ Союзного государства. Развитие отечественной технологической базы для создания изделий микроэлектроники предусмотрено ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы. Финансирование данной ФЦП на первом этапе (в 2008–2011 годах) составило порядка 29,5 млрд рублей, в том числе на НИОКР – 21,8 млрд рублей. Основным результатом выполнения первого этапа ФЦП является разработка более 270 технологий, в том числе более 180 базовых (рис. 3). За прошедший период разработано 18 базовых микроэлектронных технологий и 12 находится в стадии разработки. В настоящее время в стране уже развернута достаточно широкая сеть (более 30) дизайн-центров проектирования СБИС, СФ-блоков и «систем-на-кристалле». Центры проектирования проводят разработки СБИС по заказам отечественных и зарубежных фирм. Разработки ведутся под реальное производство в России на предприятиях ОАО «Ангстрем», ОАО «НИИМЭ и Микрон», ЗАО «ВЗПП-Микрон», НИИСИ РАН и «Интеграл» (Белоруссия). В рамках реализации ФЦП развернута широкомасштабная работа по наращиванию потенциала сети дизайн-центров системного уровня и доведению их количества до более чем 60.

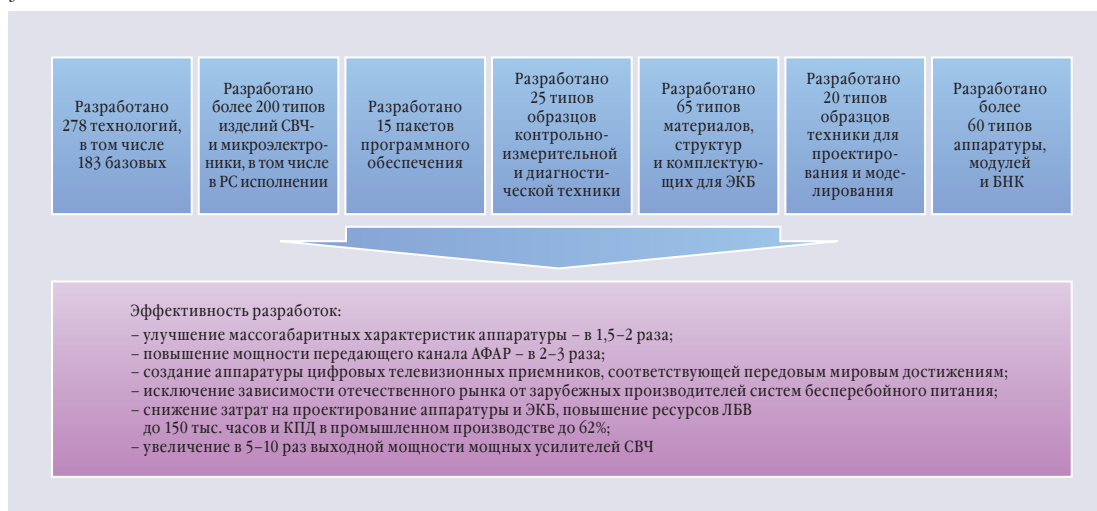
Еще одной программой, в рамках которой проводится большой объем работ по созданию изделий микроэлектроники, является ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы», итогом реализации которой будет создание более 2 тыс. типов ЭКБ.

Сроки и ожидаемые результаты выполнения программ Союзного государства, дополняющих рассмотренные выше федеральные целевые программы в части создания импортозамещающей ЭКБ специального и двойного применения с освоением производства разработанной ЭКБ на предприятиях России и Беларуси за счет их собственных средств без привлечения дополнительных бюджетных ассигнований, приведены в таблице 1.

Тем не менее дальнейшее развитие микроэлектроники сдерживается рядом нерешенных проблем:

- большинство отечественных предприятий микроэлектроники используют технологическое оборудование, обеспечивающее технологический уровень 0,6–2,5 мкм, и не имеют средств на модернизацию своих производств (только ОАО «НИИМЭ и Микрон» удалось осуществить реализацию проектов по освоению технологий уровня 180–90 нм). Для достижения более высоких технологических уровней (65–45 нм и менее) необходимо более эффективное использование уже выделенных и поиск дополнительных средств на модернизацию и техническое перевооружение микроэлектронных предприятий, более широкое использование для этих целей принципов государственно-частного партнерства и привлечение инвестиций, в том числе зарубежных, а также кооперация с зарубежными партнерами;
- строительство или модернизация кремниевых фабрик обходятся слишком дорого и становятся экономически обоснованными только при наличии соответствующего рынка;
- инфраструктура обеспечения микроэлектронного производства формируется изготовителями электронных материалов, специального технологического и контрольно-измерительного оборудования посредством технологических операций, интеграции и специализации производства. Сегодня практически все технологическое оборудование и электронные материалы приходится импортировать. Необходимо постепенное восстановление российской инфраструктуры микроэлектронного производства с размещением производства ключевых позиций в стране;

3



РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРВОГО ЭТАПА ФЦП «РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» НА 2008–2015 ГОДЫ В ЧАСТИ НИОКР

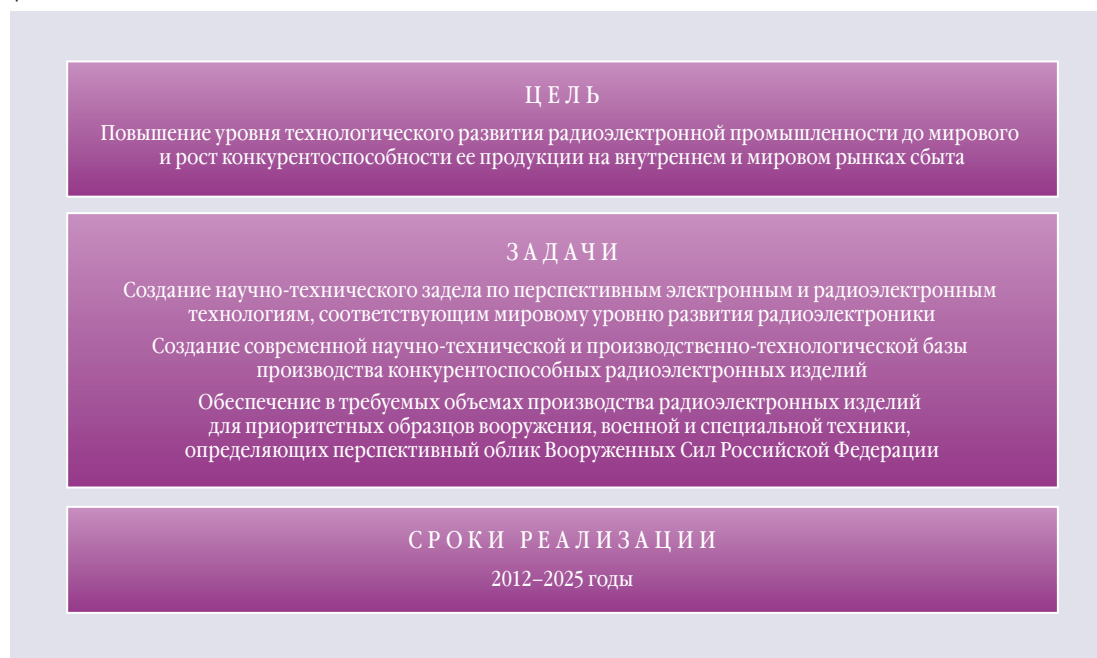
Таблица 1

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБЪЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОГРАММ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

| Наименование программы | Сроки выполнения | Объемы финансирования, млн рублей | | Ожидаемые результаты |
|---|------------------|-----------------------------------|----------|--|
| | | Россия | Беларусь | |
| Разработка и освоение серий интегральных микросхем и полупроводниковых приборов для аппаратуры специального назначения и двойного применения (шифр «Основа») | 2010–2013 годы | 975,00 | 525,00 | Разработка 95 типоминиалов функционально специализированных изделий микроэлектроники, соответствующих мировому уровню |
| Разработка и создание нового поколения микросистемотехники и унифицированных интегрированных систем двойного назначения на ее основе (шифр «Микросистемотехника») | 2010–2014 годы | 817,05 | 439,95 | Разработка 25 базовых технологий в области микросистемотехники и функционально завершенных микросистем на их основе. Технологический уровень 0,18 мкм |
| Перспективные полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе (шифр «Промель») | 2011–2014 годы | 770,00 | 414,00 | Разработка 39 образцов СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных микросхем, изделий твердотельной лазерной техники на основе гетероструктур. Технологический уровень 0,18 мкм |

- для повышения эффективности аппаратурно ориентированного проектирования высокоинтегрированных СБИС типа «система-на-кристалле», а также модулей и узлов оборудования «система-на-плате» и «система-в-корпусе» необходимо улучшить координацию вопросов кооперации центров проектирования и разработчиков радиоаппаратуры, обеспечить формирование и ведение доступной для широкого пользования статистической базы данных о выполненных разработках ЭКБ, СФ-блоков, встраиваемых электронных модулей, оптимизированных схемно-технических решениях типовых блоков радиоэлектронного оборудова-

4



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА «РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

ния, а также создание центра трансфера (обменного фонда) продуктов интеллектуальной собственности центров проектирования, а именно проектов, программ, СФ-блоков, САПР и др.;

- отмечается острая нехватка кадров, умеющих работать с современными технологиями. Анализ рынка российской литературы показывает катастрофическую нехватку современных учебников по микроэлектронным технологиям. Быстрый перевод и издание в России последних зарубежных учебных пособий в области электронной инженерии помогли бы подъему процесса подготовки и переподготовки на современный уровень. Необходимы также средства на установку современных средств САПР в профильных вузах для наработки практических навыков учащихся в проектировании реальных систем;
- безотлагательным представляется более широкое развертывание работ по совершенствованию нормативно-технической базы в области разработки, производства и применения ЭКБ, повышения ее качества и надежности, оптимизации программ и методов проведения испытаний, по созданию стандартов в новых перспективных направлениях развития ЭКБ, ведению разрешительных перечней электрорадиоизделий, включая регламентацию применения ЭКБ импортного производства, зарубежных библиотек и технологической базы, созданию и ведению страховых запасов, рекламационной работе, методологии ценообразования на ЭКБ и т.п.;
- важно определить минимально необходимую и функционально-параметрически достаточную номенклатуру ЭКБ, в том числе изделий микроэлектроники. Недостаточными темпами проводится работа по ее оптимизации и унификации, следствием чего является многотысячная номенклатура ЭКБ зачастую с близкими характеристиками и небольшой потребностью.

Проблема сохранения и обновления кадрового потенциала является в настоящее время одной из наиболее актуальных в обеспечении дальнейшего устойчивого развития РЭП. Средний возраст работников составляет 48 лет, в то время как оптимальным является возраст 35–38 лет. Сложившаяся в настоящее время структура кадрового потенциала отрасли свидетельствует о серьезных проблемах в этой области, так как внедрение новых технологий и инноваций, безусловно, требует омолаживания кадрового состава.

ва, прежде всего путем набора выпускников высших и средних специальных учебных заведений. Для решения указанной проблемы необходимо повысить привлекательность работы в радиоэлектронной промышленности за счет дальнейшего роста заработной платы, совершенствования системы повышения квалификации и переподготовки кадров, воссоздания системы профессионально-технического обучения на базе ведущих предприятий, установления более тесных контактов с профильными вузами и решения вопросов освоения полученных учащимися знаний на реальном производственном оборудовании действующих предприятий, а также активной работы с учебными заведениями по подготовке кадров с уровнем знаний, соответствующим требованиям современных высокотехнологичных производств.

В настоящее время как по достигнутому технологическому уровню, так и по своим параметрам отечественные изделия микроэлектроники уступают зарубежным на два-три поколения. Так, если передовыми отечественными предприятиями осваиваются технологии микроэлектроники уровня 90 нм с изготовлением изделий на пластинах 200 мм, то за рубежом освоен уровень 22 нм на пластинах до 300 мм и проводятся работы по освоению технологий уровня 18–14 нм и переходу на пластины 450 мм.

САПР у большинства отечественных центров проектирования позволяет выполнять проектирование СБИС до технологического уровня 180 нм, но уже имеются разработки и приборы уровня 90 нм, ведется освоение технологии проектирования под уровень 65/45 нм. К сожалению, центры проектирования системного уровня, за небольшим исключением, не в полной мере владеют современными технологиями проектирования, что не позволяет им эффективно конкурировать с продвинутыми зарубежными разработчиками. Кроме того, в стране отсутствует системный интегратор в области координации вопросов адаптации текущих разработок СБИС к потребностям аппаратурных фирм и кооперации центров проектирования при создании сложных аналогово-цифровых приборов. В связи с этим отсутствует единая сеть центров проектирования, увязывающая возможности центров проектирования и потребности аппаратустроителей.

В последние годы за рубежом отчетливо прослеживается тенденция развития технологий трехмерной сборки ИС/многокристалльных модулей. В России данное направление пока не нашло своего развития. Преимущества 3D-технологий включают: экономию занимаемого пространства; создание структуры в меньшем объеме с большей функциональностью; сокращение длины межсоединений, что приводит к увеличению быстродействия; снижение потребляемой мощности и тепловыделения до 10 раз; снижение издержек производства.

Освоенные методики «сухой» литографии с 248- и 193-нм источниками излучения позволяют изготавливать ИС с топологическими нормами до 45 нм. Освоение меньших топологий, которые усиленно разрабатываются за рубежом, связано с использованием вариантов иммерсионных 193-нм степперов, однако их приобретение осложняется требованиями экспортного регулирования по контролю за распространением технологий.

Как в России, так и за рубежом исследуется возможность использования в микроэлектронике перспективных материалов, к которым можно отнести сложные полупроводниковые соединения и традиционные кремниевые структуры с использованием методов деформации (механического напряжения) для повышения подвижности носителей заряда, а также полностью обедненные КНИ-структуры. Опытные работы базируются на использовании графена, углеродных нанотрубок (УНТ), фуллеренов. Однако за рубежом спектр исследуемых материалов более широк.

В целях повышения эффективности бюджетных расходов как составной части эффективности деятельности органов государственной власти и местного самоуправления Правительством России утверждена государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности» (рис. 4), основой для которой служат действующие и разрабатываемые федеральные целевые программы, а главной целью является повышение конкурентоспособности радиоэлектронной промышленности пос-

редством создания инфраструктуры для развития приоритетных направлений, интеграции в международный рынок и реализации инновационного потенциала. При этом дальнейшее развитие микроэлектронных технологий является одним из важнейших отраслевых приоритетов.

Подводя итоги, необходимо отметить, что только уверенная прагматичная техническая политика при реализации заданий государственной программы позволит преодолеть все трудности и добиться значительных результатов в создании изделий микроэлектроники, электронной компонентной базы и радиоэлектроники.