

Модели организационного развития предприятий полупроводниковой промышленности

А.В.Зверев, В.В.Попов, А.Г.Филаретов, В.П.Чалый

1. Введение – историческая справка

В истории развития мировой полупроводниковой электроники явно выделяются два принципиально отличающихся друг от друга этапа.

Первый относится к периоду становления полупроводниковой промышленности и характеризуется приматом конструкции изделия над технологичностью. Характерным признаком этого этапа является одновременное наличие двух факторов:

- относительно малое количество освоенных в производстве изделий,
- ориентация на производство ограниченного ассортимента изделий.

На этапе становления полупроводниковой промышленности предполагалось, что освоенные в производстве полупроводниковые изделия, во-первых, должны будут заменить лампы и, во-вторых, должны будут выпускаться массовыми тиражами. Задачи замены ламп и выпуска полупроводниковых изделий массовыми тиражами преследовали две главных маркетинговых цели: первая состояла в удешевлении и соответственно в

возможности массового применения носимых средств связи военного назначения, а вторая – в массовом проникновении полупроводниковых изделий в бытовую технику и превращении ее в товар массового народного потребления.

Поэтому при формулировке задания на разработку ставилась задача разработать отдельное изделие со строго заданными характеристиками, предназначенное для массового производства. В основе организационной схемы разработок (Рис. 1) лежала конкретная отдельно взятая конструкция полупроводникового изделия – транзистора или, позднее, микросхемы. Процесс был основан на адаптации базовых технологий (прототипов технологий) к конкретным технологическим маршрутам для производства конкретного изделия. Значительные затраты, понесенные из-за многократных корректировок при разработке и эпитаксиальных структур, и технологии изготовления этой конкретной отдельно взятой микросхемы, при постановке её на массовое производство окупались в разумные сроки, поэтому принятая организационная

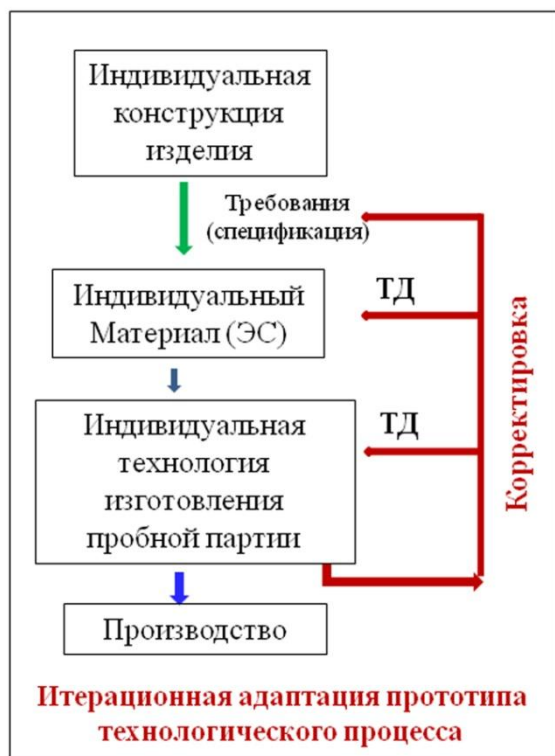


Рис. 1. Организационная схема разработок ЭКБ 1-ого этапа

схема разработок была разумна и оправдана.

Для этого этапа развития характерно создание крупных производств, ориентированных на массовый выпуск продукции. Целью развития производств являлось увеличение производственных мощностей и интеграция смежных областей, а желаемым итогом – полностью самодостаточное "натуральное хозяйство" и полная монополизация рынка. Примером развития первого этапа являются такие зарубежные электронные фирмы - гиганты конца 70-х годов прошлого века как "Intel", "Texas Instruments", "Siemens", "Sony" и др. В результате сложившийся к концу 70-х годов рынок полупроводниковых

изделий был поделен между малым количеством крупных производителей.

В СССР на принципах "натурального хозяйства" базировались не только отдельные предприятия (например "Светлана" или "Исток"), но в значительной степени по этому принципу строилась и вся отрасль в целом. Министерство электронной промышленности (МЭП) стимулировало и поддерживало интеграцию смежных отраслей. Так, в МЭПе были свои стекольные заводы, заводы по деревообработке со своими лесными деланками, своя пищевая индустрия и т.д. При этом общий уровень развития полупроводниковой промышленности СССР был близок общемировому.

К началу 80-х годов ситуация в полупроводниковой промышленности радикально изменилась. Во-первых, полупроводниковая техника проникла во все сферы человеческой жизни, и оказалось, что кроме массовых тиражей относительно небольшого ассортимента изделий все большим спросом пользуются относительно небольшие тиражи постоянно расширяющегося ассортимента быстро сменяющихся друг друга полупроводниковых приборов. Во-вторых, развитие технологий достигло такого уровня, что их стало возможно описывать конечным набором измеряемых параметров. В-третьих, на арену начали выходить технологии эпитаксиального выращивания полупроводниковых приборных структур, позволившие придавать структурам ранее недостижимые приборные свойства.

На этом первый этап развития полупроводниковой промышленности, продолжавшийся более 25 лет с середины 50-х до начала 80-х годов 20 века, можно считать закончившимся.

Второму этапу развития соответствует тотальный пересмотр организационной схемы разработок (Рис. 2) и изменение приоритетов. Основным предметом разработок становится **технология** изготовления микросхем, а основным требованием – технологичность.

Изменения предмета разработок и требований к ним имели целью существенное снижение себестоимости разработок и производства. Эти изменения соответствовали пришедшему также осознанию необходимости кардинального сокращения длительности технологических циклов, и прежде всего – цикла разработки отдельно взятого изделия.

Технологичность означает ориентацию на стандартизованные технологические процессы, а значит и возможность формализации технологических параметров, позволяет изложить техническое задание на разработку технологического процесса в виде набора измеряемых параметров с заданными диапазонами значений. Разработка технологического процесса подразумевает, в том числе, и разработку параметрического монитора - тестовой микросхемы, с помощью которой осуществляются измерения

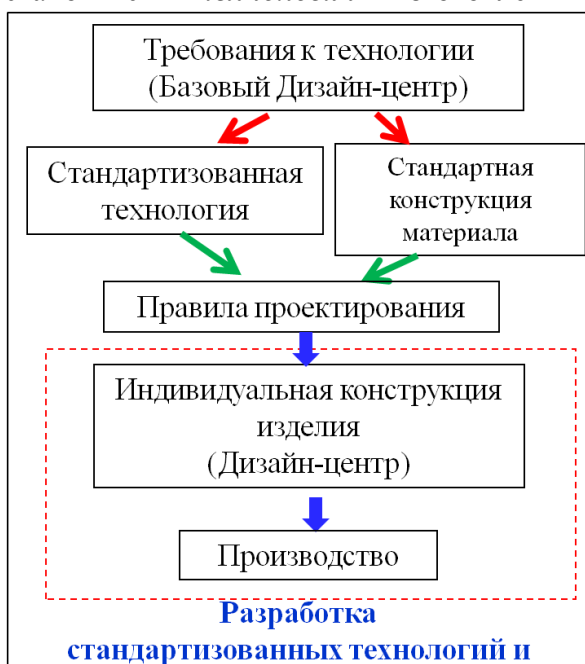


Рис. 2. Организационная схема разработок ЭКБ 2 -ого этапа

объективных параметров технологического процесса.

Основной смысл стандартизации технологического процесса состоит, во-первых, в определении такого перечня измеряемых параметров, который полностью определяет технологический процесс, а во-вторых, в определении гарантировано получаемых диапазонов измеряемых значений этих параметров. Набор измеряемых параметров с указанием диапазонов их значений образует так называемый физико-топологический базис (ФТБ) технологического процесса.

Следствием стандартизации технологии являются два фактора:

1. Возможность создания правил проектирования двух уровней – как на основе библиотеки стандартных элементов, так и на основе объективно определяемых параметров (физико-топологического базиса) для проектирования этих стандартных элементов;
2. Введение статистических методов контроля технологии.

Естественным следствием принципа стандартизации технологического процесса является применение ограниченного числа стандартных конструкций эпитаксиальных структур для конкретных стандартизованных процессов.

Возможность и необходимость применения стандартных конструкций эпитаксиальных структур возникла к началу 90 годов с выходом эпитаксиальных технологий на промышленный уровень развития, при котором эпитаксиальные структуры оказалось возможным характеризовать не только оптическими или электрофизическими характеристиками, но и численными параметрами тестовых приборов (транзисторов и др.) с достаточной для промышленного применения воспроизводимостью. С этого момента набор параметров эпитаксиальных структур с их численными значениями стало возможным включать в физико-топологический базис стандартизованных технологических процессов. При этом оказалось, что именно свойства эпитаксиальных структур определяют предельные характеристики полупроводниковых приборов, а конструкция прибора неотделима от конструкции структуры.

В этой связи применение принципа стандартизации к конструкции эпитаксиальных структур заключается в том, что набор параметров, описывающий эпитаксиальную структуру, полностью входит в физико-топологический базис процесса.

Прямым следствием применения принципа стандартизации технологических процессов являются существенное снижение сроков и себестоимости разработки каждого отдельно взятого изделия. Не менее важным является возможность включения в разработку изделия электронной компонентной базы разработчика радиоаппаратуры, являющегося основным источником требований к этому изделию, и тем самым, полное устранение риска разработки невостребованного изделия.

Важнейшим признаком второго этапа развития полупроводниковой промышленности в мировой экономике является полное отсутствие производителей ЭКБ, организованных по принципу "натурального хозяйства". Основным принципом построения отрасли стали специализация и кооперация. Базой для специализации предприятий является набор освоенных технологий, или другими словами – набор ключевых компетенций. Наиболее часто встречается следующая специализация: выращивание полупроводниковых эпитаксиальных структур (производство материала для изготовления полупроводниковой ЭКБ), кристалльное производство, корпусирование, производство фотошаблонов, дизайн-центр.

Примером такой специализации является устройство фирмы "Infineon". Предприятия, входящие в эту корпорацию, имеют одного собственника, однако обладают практически полной технологической и финансовой свободой, позволяющей приобретать им у сторонних, не входящих в корпорацию, компаний продукцию, аналогичную выпускаемой другими "дочками". Другим примером является "Hitachi". В эту крупнейшую корпорацию входят несколько дочерних компаний, имеющих близкую специализацию (например, выращиванием полупроводниковых структур занимаются Hitachi Cable, Ltd. и Hitachi Chemical Co, Ltd.). Предприятия-потребители из "Hitachi" могут покупать структуры как внутри корпорации, так и у сторонних компаний.

Специализация позволяет, во-первых, наиболее объективно оценивать технологические результаты, во-вторых, концентрировать высококвалифицированные кадры и, в-третьих, оптимизировать производительность в соответствии с потребностями рынка.

Кооперация, необходимость которой является неизбежной для

специализированных компаний, в первую очередь подразумевает работу независимых потребителей и поставщиков. Это означает, что поддерживается конкурентная среда, требующая постоянного совершенствования качества продукции.

Таким образом, второй этап развития полупроводниковой электроники характеризуется тремя существенными признаками:

1. **Основу производства составляют стандартизованные технологии**
2. **Организационную основу составляют специализация и кооперация**
3. **Конкурентная среда полностью монополизирована.**

2. Место стандартизованных процессов в полупроводниковой промышленности

Принцип специализации и кооперации, предполагающий широкое взаимодействие любых предприятий, участвующих в производстве ЭКБ, реализуется посредством применения правил проектирования, разрабатываемых для каждого стандартного технологического процесса, который в свою очередь построен так, что полностью характеризуется измерениями заданных параметров в полном соответствии с техническим заданием.

В производстве ЭКБ на основе кремния принцип специализации, кооперации и применения стандартизованных технологий привёл к стремительно нарастающей тенденции отделения процесса разработок от собственно производства и образованию ряда высокопроизводительных специализированных предприятий по производству чипов – кристаллов кремниевых микросхем. В мировой практике такие предприятия получили название предприятий фаундри (Foundry). Жизнеспособность и эффективность применения принципа разделения мировой полупроводниковой промышленности на предприятия fables и foundry сегодня доказана мировой практикой [1], в том числе объявлением таких гигантов как Intel и Samsung о принятии как стратегической модели развития модель foundry [2].

В терминологии российских стандартов, выпущенных в 2009 г. 22 ЦНИИ МО, предприятия foundry называются "изготовитель пластин с кристаллами заказанных элементов". Заказчиком предприятий – изготовителей пластин с кристаллами заказанных элементов выступают так называемые **дизайн-центры кристалльного уровня** или "предприятия – разработчики микросхем" в терминологии 22 ЦНИИ. Дизайн-центры кристалльного уровня – это предприятия, оборудованные практически только компьютеризованными рабочими местами и необходимым программным обеспечением. Другим заказчиком иногда выступают фаблес-центры – дизайн-центры кристалльного уровня, дополнительно укомплектованные испытательным оборудованием. Именно наличие стандартизованных технологий позволяет предприятию фаундри работать с несколькими десятками (или даже сотнями) дизайн-центров одновременно, что сокращает себестоимость и сроки разработки МИС и позволяет, таким образом, резко увеличить номенклатуру и ассортимент производимых МИС. Режим работы связки "предприятие фаундри - дизайн-центр" позволяет произвести разработку конкретной МИС, как правило, за одну-две итерации и занимает 3-6 месяцев. Вторым достоинством стандартизованных технологий является то, что не требуется проводить дорогостоящие испытания каждого изделия. Испытания проводятся один раз при аттестации технологий на одном из изделий. В-третьих, стандартизованные технологии проектирования позволяют их использование непосредственно разработчиками РЭА, не только убирая дорогостоящее промежуточное звено в виде разработчиков топологии кристалла, но и обеспечивая разработку и производство изделий, в точности соответствующих потребностям проектирования радиоэлектронной аппаратуры.

Предприятия-производители СВЧ ЭКБ на арсениде галлия в своём развитии повторили путь производителей кремниевой ЭКБ. Сегодня такие компании, как Win Semiconductors, TriQuint Semiconductor Inc., United Monolithic Semiconductors (UMS) и др.

являются специализированными предприятиями - фаундри. Надо отметить, что помимо кристалльного производства, перечисленные предприятия имеют подразделения, в значительной степени автономные, выполняющие другие технологические функции (производство фотошаблонов, рост гетероструктур, сборка МИС). Однако, цель этих "непрофильных" подразделений состоит не столько в производстве продукции, сколько в отслеживании и обеспечении конкурентного уровня разработок в соответствующих областях. Так, TriQuint имеет собственное производство приборных эпитаксиальных структур в объеме примерно 20% от потребляемого количества и не планирует увеличивать его производительность. "Непрофильные" подразделения оказывают платные услуги всем без исключения компаниям, включая и другие предприятия - фаундри.

Накопленный в мировой экономике опыт привел к тому, что новые направления полупроводниковой техники, появившиеся в конце 20 – начале 21 века, сразу строились на принципах кооперации предприятий владеющих стандартизованными технологиями, и дизайн - центров. В равной мере это относится и к направлению микроэлектромеханики (MEMS), и к нитридным технологиям.

Разразившийся в 2001 – 2002 годах системный кризис мировой полупроводниковой промышленности окончательно уничтожил предприятия, построенные по принципу натурального хозяйства, и подтвердил жизнестойкость сотрудничества дизайн – центров и предприятий фаундри.

Таким образом, на втором этапе развития мировой полупроводниковой промышленности универсальной функциональной основой ее построения стало взаимодействие стандартизованных технологий производства и технологий проектирования, осуществляемое через посредство правил проектирования. Соответствующая этому принципу структурная схема разработок и производства приведена на Рис. 3. При этом организационная форма может быть разной, и определяется набором ключевых компетенций, доступных тому или иному предприятию.

3. Место и роль дизайн – центров в современной полупроводниковой промышленности

В структурной схеме разработок и производства изделий полупроводниковой техники в явном виде присутствуют 2 вида дизайн-центров – **базовый дизайн-центр** и дизайн-центр разработчика аппаратуры (дизайн-центр кристалльного уровня). В неявном виде в схеме присутствует и материаловедческий дизайн-центр разработки эпитаксиальных структур.

3.1 Базовый дизайн - центр

Базовый дизайн - центр в качестве своих основных задач имеет:

- выдачу технических заданий на разработку стандартизованных технологических процессов путем определения перечня измеряемых параметров и допустимых диапазонов их значений (физико-топологический базис), а также путем определения состава тестовых элементов в параметрическом мониторе для проведения измерений перечисленных параметров;



Рис. 3. Структурная схема разработок и производства изделий полупроводниковой техники

- разработку моделей активных и пассивных элементов, соответствующих данному стандартизованному технологическому процессу, и экспериментальное подтверждение соответствия математических расчетов (моделей) реализуемым на практике параметрам элементов;
- разработку на основании построенных моделей библиотеки стандартных элементов и создание правил проектирования для дизайн-центров кристалльного уровня разработчиков аппаратуры.

В наиболее общем случае базовый дизайн – центр должен выбрать или разработать конструкцию эпитаксиальной структуры, которая позволит реализовать задуманный технологический процесс. При этом возможны 2 варианта реализации этой задачи:

- базовый дизайн – центр выдает задание стороннему предприятию, выступающему как материаловедческий дизайн – центр, опирающемуся на собственное производство или на стороннего производителя эпитаксиальных структур;
- базовый дизайн – центр развивает и реализует функцию материаловедческого дизайн – центра в собственной структуре.

Базовые дизайн – центры могут быть:

- самостоятельными юридическими лицами,
- входить в структуру предприятия – изготовителя пластин с кристаллами заказанных элементов (фабрика – foundry),
- входить в структуру университетских центров.

Независимо от организационно-правовой формы базового дизайн-центра, ему для разработки технических заданий на разработку стандартизованных технологических процессов должно быть указано, на изготовление какого класса или типа изделий будет направлена разрабатываемая технология. Такое указание является результатом маркетингового анализа и чаще всего вырабатывается отделом маркетинга предприятия – фаундри.

3.2 Материаловедческий дизайн-центр разработки эпитаксиальных структур

Основной задачей материаловедческого дизайн – центра по разработке эпитаксиальных структур является разработка конструкции и выдача технического задания на разработку технологии производства эпитаксиальных структур, соответствующих требованиям, сформулированным базовыми дизайн-центрами. Постановка задачи базовым дизайн-центром означает определение перечня параметров эпитаксиальной структуры, которые войдут в физико-топологический базис стандартизованного процесса.

Наиболее целесообразным представляется принадлежность дизайн – центра по разработке эпитаксиальных структур предприятию – изготовителю эпитаксиальных структур (в терминологии мировой полупроводниковой промышленности – epihouse).

3.3 Дизайн – центр разработчика аппаратуры (дизайн-центр кристалльного уровня)

Дизайн – центр кристалльного уровня разработчика аппаратуры в качестве основных задач имеет:

- разработку на основе полученных правил проектирования специализированных изделий полупроводниковой электроники;
- верификацию разработанной топологии на соответствие требованиям к изделию.

При этом все авторские права на топологию разрабатываемого изделия сохраняются за дизайн - центром кристалльного уровня разработчика аппаратуры.

Организационно дизайн - центр кристалльного уровня может:

- входить в структуру предприятия – разработчика радиоэлектронной аппаратуры
- быть самостоятельным предприятием, осуществляющим разработки МИС по договорам с предприятиями – разработчиками радиоэлектронной аппаратуры.

В тех случаях, когда дизайн - центр разработчика аппаратуры берет на себя еще и проведение комплекса испытаний, он превращается в фаблес (fabless) центр.

3.4 Организационные модели построения предприятий полупроводникового комплекса

Организационная модель построения предприятия полупроводникового комплекса зависит от того, какие ключевые компетенции сосредоточены в его структуре.

В предельном случае ключевые компетенции, определяющие специализацию предприятий, могут быть разнесены по разным юридическим лицам, при этом:

- в качестве базовых дизайн-центров выступают исследовательские подразделения крупных концернов или зарекомендовавшие себя университетские или академические центры, работающие по контракту с предприятием - фаундри;
- в качестве дизайн-центров кристалльного уровня разработчика аппаратуры выступают либо подразделения предприятий – разработчиков аппаратуры, либо самостоятельные дизайн – центры, оказывающие разработчикам аппаратуры услуги по разработке изделий, в том числе фаблес – центры;
- в качестве кристалльного производства выступают так называемые предприятия "чистого" фаундри ("изготовитель пластин с кристаллами заказанных элементов" в терминологии 22 ЦНИИ МО);
- в качестве материаловедческого дизайн - центра и предприятия производителя эпитаксиальных структур выступает стороннее специализированное предприятие (так называемый epihouse).

Модель предельного разнесения ключевых компетенций по разным организациям реализована тайваньским предприятием WIN Semiconductors ("чистое" фаундри) во взаимодействии с тремя группами предприятий: с дизайн-центрами разработчика аппаратуры (например, концерн Nokia), с внешними базовыми дизайн-центрами (с 2007 г.

– Skyworks Solutions Inc. на основе соглашения о стратегическом сотрудничестве) и с материаловедческим дизайн-центром и производителем эпитаксиальных структур (Visual Photonics Epitaxy Co., Ltd).

Другой предельный случай, в котором почти все ключевые компетенции сосредоточены в одном предприятии, получил название IDM (Integrated Device Manufacturer – интегрированный производитель приборов). Вариант построения предприятия по модели IDM реализован в Skyworks Solutions Inc., Toshiba America Electronic Components, Inc., Analog Devices и др. В этом случае сторонние предприятия выполняют, как правило, лишь функции материаловедческого дизайн – центра и производителя эпитаксиальных структур (epihouse).

Смешанная модель реализации структурной схемы Рис. 3 реализована на предприятиях TriQuint Semiconductor, RF MicroDevices, OMMIC и др.

Тем не менее, в основу всех вариантов организации производства изделий полупроводниковой техники (кремниевых интегральных микросхем, СВЧ монолитных интегральных схем, изделий MEMS и микрофотоники) положена кооперация дизайн – центров и кристалльного производства, основанного на стандартизованных технологиях. При этом главной целью и критерием оптимальности выстраивания кооперационных связей является максимальное использование ключевых компетенций всех участников кооперации.

Исключение составляют специализированные научные центры, основной задачей которых является определение предельно достижимых характеристик приборов и технологических пределов при использовании тех или иных физических принципов.

Ключевые компетенции, реализованные в различных организационных моделях построения предприятий, сведены в Таблицу 1.

Таблица 1 Ключевые компетенции, реализуемые в различных организационных моделях

Ключевая компетенция	Организационная модель				
	"Чистое фаундри"	Дизайн-центр производителя РЭА	Смешанный тип	Интегрированный производитель (IDM)	Научный центр
Разработка конструкции эпитаксиальных структур	–	–	√	–	√
Выпуск эпитаксиальных структур	–	–	√	–	√
Разработка стандартизованных технологий	√	–	√	√	–
Разработка моделей активных и пассивных элементов	√	–	√	√	√
Разработка библиотек стандартных технологий	√	–	√	√	–
Разработка правил проектирования	√	–	√	√	–
Разработка конструкции изделия	–	√	√	√	√
Верификация топологии	–	√	√	√	–

Ключевая компетенция	Организационная модель				
	на соответствие ТЗ				
Оказание технологических услуг	√	–	√	–	–
Серийный выпуск изделий	–	–	√	√	–
Получение рекордных результатов	–	–	–	–	√

4. Основные характеристики отрасли

Советская, а затем и Российская полупроводниковая промышленность в конце 20 – начале 21 века прошла через испытание, которого не проходила ни одна экономика мира: в постперестроечные годы существовала реальная угроза полного умирания отрасли. В этих условиях органам государственной власти удалось спасти отрасль путем адресной поддержки сначала конкретных предприятий, а затем, с улучшением экономической ситуации, и избранных направлений развития продуктовых линий. Ценой, которую пришлось заплатить за спасение полупроводниковой промышленности, оказалось замораживание организационной схемы разработок на уровне 1 этапа развития полупроводниковой промышленности. Тем самым структурная перестройка отрасли была отложена до лучших времен.

В результате наиболее общими и при этом общеизвестными характеристиками современной российской полупроводниковой промышленности являются:

- отсутствие экономической конкуренции в отрасли как следствие прямой поддержки государством конкретных предприятий,
- техническая отсталость предприятий отрасли, обусловленная отложенной до лучших времен реконструкцией отрасли в целом,
- устаревшие технологическое оборудование и инфраструктура, обусловленные недостаточными инвестициями в основные средства,
- господство организационной схемы разработок и производства, ориентированной на массовое производство ограниченного количества изделий СВЧ ТТ ЭКБ,
- отсутствие необходимости определять свои ключевые компетенции, выделяя прочие в аутсорсинг, и как следствие – ориентация на натуральное хозяйство,
- культура производства, оставшаяся на уровне 1 этапа, и не соответствующая современным требованиям,
- низкая производительность труда,
- разрыв поколений в персонале предприятий отрасли.

Указанные причины привели к тому, что рыночное положение полупроводниковой промышленности по крайней мере в части СВЧ направления характеризуется следующими факторами:

- Несоответствие предприятий отрасли по техническому уровню разрабатываемых и выпускаемых изделий требованиям, предъявляемым потенциальными потребителями;
- Катастрофически длительные сроки разработок;
- Высокие риски разработки невостребованных изделий СВЧ ТТ ЭКБ;
- Низкая эффективность инвестиций в разработки;
- Чрезвычайно высокая себестоимость изготавливаемых полупроводниковых изделий даже в тех случаях, когда изделия востребованы и соответствуют техническим требованиям.

По вышеизложенным причинам в настоящее время рынок типа "Массовое потребление" для СВЧ полупроводниковой промышленности современной России

утрачен в силу предъявляемых им жестких требований к себестоимости изделий и срокам их разработки. По этим же причинам, несмотря на заметное государственное регулирование, в значительной степени утрачен и рынок типа "Безопасность", так как он не защищен от проникновения импортных электронных компонентов и на нем нет прямого запрета на их использование.

Единственным потенциально доступным рынком остается рынок типа "Оборона" в сегментах либо защищенных от проникновения импортных электронных компонентов, либо в сегментах компонентов, находящихся под эмбарго и недоступных к поставкам в промышленных масштабах.

Организационной причиной существенного отставания отрасли и от потребностей предприятий – потребителей, и от мировой полупроводниковой промышленности является использование единственной формы государственного управления отраслью – формы, соответствующей задаче развития массового производства ограниченного ассортимента СВЧ ТТ ЭКБ. Проявлением такого способа управления является **финансирование разработок отдельно взятых изделий**, проводимых предприятиями полупроводникового комплекса. Применительно к современным требованиям производства большого числа специализированных изделий относительно малыми партиями такая система организации создает риски невостребованности (или потребности в объемах, недостаточных для рентабельного производства) разработок и уже по этой причине оказывается малоэффективной.

В то же время господствующей в мире формой государственной поддержки и управления полупроводниковой промышленностью стало государственное **финансирование разработок стандартизованных технологий**. Характерный пример – Программа широкозонных полупроводников для СВЧ применения (WBGs-RF), инициированная и координируемая Агентством оборонных научных исследований (DARPA) правительства США. В соответствии с данной программой, результатом является разработка на предприятиях-участниках стандартизованных технологий, а критерием выполнения – передача предприятиям-разработчикам аппаратуры правил проектирования. При этом разработка конструкций отдельно взятых изделий СВЧ ТТ ЭКБ по созданным правилам проектирования финансируется из бюджета предприятий – потребителей.

Общее улучшение экономической ситуации в целом и оживление российской радиоэлектронной промышленности в частности [3] позволяет ставить вопрос о структурной перестройке в области разработок и производства СВЧ ТТ ЭКБ. Включение в набор способов государственного управления механизма финансирования стандартизованных технологий позволяет перераспределить и финансовую нагрузку, и ответственность между государством и бизнесом так, что государство отвечает за создание инструментов проектирования и производства, а бизнес отвечает за соответствие изготавливаемых изделий СВЧ ТТ ЭКБ требованиям разработчиков аппаратуры. Кроме того, в такой схеме результаты разработок технологии оценивает не только государство, но и бизнес, как их потребитель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макушин М. Микроэлектроника: здравствуй, олигополия... – Электроника НТБ, 2011 №1 с. 114 - 120
2. LaPedus M. Samsung lags in foundry rankings. EE Times, 1/20/2011
3. Якунин А. Итоги работы радиоэлектронной промышленности в 2010 году и основные задачи на 2011 год. Электроника НТБ, 2011 №2 с. 26 - 34