

МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Зверев¹, В.Попов², А.Филаретов³, В.Чалый⁴ ahf@semiteq.ru, info@semiteq.ru

В истории развития мировой полупроводниковой электроники явно прослеживаются два принципиально отличающихся друг от друга этапа. Первый – становление полупроводниковой промышленности, когда основным приоритетом были разрабатываемые изделия. Второй – когда внимание в первую очередь стало уделяться технологии. Каждый развивался на основе своей организационной схемы разработок. Каковы эти организационные схемы, их приоритеты и основные требования?

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Первый этап развития полупроводниковой промышленности характеризуется приматом конструкции изделия над технологичностью. Отличительный признак этого этапа – одновременное наличие двух факторов: относительно малое число освоенных в производстве изделий и ориентация на выпуск ограниченного ассортимента изделий. На этом этапе предполагалось, что освоенные в производстве полупроводниковые изделия, во-первых, должны будут заменить вакуумные лампы и, во-вторых, выпускаться массовыми тиражами. Эти две задачи преследовали две главные цели: удешевление и, соответственно, рост применения носимых средств связи военного назначения, а также проникновение

полупроводниковых приборов в бытовую технику и превращение их в товар массового потребления. Поэтому при формулировке задания на разработку ставилась задача создания изделия со строго заданными характеристиками, предназначенного для массового производства.

В основе организационной схемы разработок (рис.1) лежала конкретная конструкция полупроводникового изделия – транзистора или, позднее, микросхемы. Процесс развития был основан на адаптации базовых технологий (прототипов) к конкретным технологическим маршрутам производства конкретного изделия. Значительные затраты, понесенные из-за многократных корректировок при разработке эпитаксиальных структур (ЭС) и технологии изготовления конкретной микросхемы, при освоении ее массового производства окупались в разумные сроки. Поэтому принятая организационная схема разработок была разумна и оправдана.

Для этого этапа развития характерно создание как в Советском Союзе, так и за рубежом крупных производств, ориентированных на массовый выпуск продукции. Перед полупроводниковой промышленностью стояли задачи увеличения производственных мощностей и в итоге – полная

1. Андрей Владимирович Зверев, генеральный директор ОАО "Российская Электроника".
2. Владимир Васильевич Попов, генеральный директор ОАО "Светлана" (Санкт-Петербург).
3. Алексей Гелиевич Филаретов, заместитель директора по развитию ЗАО "Светлана – Рост" (Санкт-Петербург).
4. Виктор Петрович Чалый, директор ЗАО "Светлана – Рост" (Санкт-Петербург).

монополизация захваченных сегментов рынка. При этом на предприятиях зачастую создавались участки по производству необходимых материалов или изделий, традиционно производимых другими отраслями (т.е. уровень специализации и кооперации был низким). Предприятия, появившиеся на первом этапе развития, – это электронные корпорации-гиганты конца 70-х годов прошлого века, такие как Intel, Texas Instruments, Siemens, Sony и др. В результате рынок полупроводниковых приборов, сложившийся к концу 1970-х годов, был поделен между малым числом крупных производителей.

В СССР на принципах "самодостаточного хозяйства" базировались не только отдельные предприятия, выпускавшие электронные компоненты (например, "Светлана" или "Исток"), но в значительной степени и вся отрасль. Министерство электронной промышленности стимулировало и поддерживало создание смежных производств на входящих в него предприятиях.

К началу 1980-х годов ситуация в полупроводниковой промышленности радикально изменилась. Во-первых, полупроводниковая техника проникла во все сферы человеческой деятельности, и оказалось, что кроме относительно небольшого ассортимента изделий, освоенных в массовом производстве, все большим спросом пользуются производимые относительно небольшими тиражами быстро сменяющие друг друга полупроводниковые приборы, ассортимент которых

постоянно расширялся. Во-вторых, развитие технологий достигло такого уровня, что стало возможным описывать их конечным набором измеряемых параметров. В-третьих, на арену начали выходить технологии эпитаксиального выращивания полупроводниковых структур, позволившие придавать приборам ранее недостижимые 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.

Второй этап развития характеризуется тотальным пересмотром организационной схемы разработок и изменением приоритетов. Основным предметом разработок становится технология изготовления микросхем, а основным требованием – технологичность. Цель промышленности на этом этапе – существенное снижение себестоимости разработок и производства. Эти изменения соответствовали пришедшему понятию необходимости кардинального сокращения длительности технологических циклов, прежде всего – цикла разработки отдельно взятого изделия.

Технологичность означает ориентацию на стандартизованные технологические процессы, а значит и на возможность формализации технологических параметров. Это позволяет оформлять задание на разработку технологического процесса в виде набора измеряемых параметров с заданными диапазонами значений. Разработка технологического процесса подразумевает в том числе и создание параметрического монитора – тестовой микросхемы, с помощью которой можно измерить объективные параметры технологического процесса.

Основной смысл стандартизации технологического процесса состоит, во-первых, в установлении перечня измеряемых параметров, который полностью описывает технологический процесс, и, во-вторых, в задании гарантированно получаемых диапазонов значений этих параметров. Набор измеряемых параметров с указанием диапазонов их значений образует так называемый физико-топологический базис (ФТБ) технологического процесса.

Следствием стандартизации технологии являются, во-первых, возможность создания правил проектирования двух уровней – как на основе библиотеки стандартных элементов, так и на основе объективно определяемых параметров ФТБ для проектирования этих стандартных

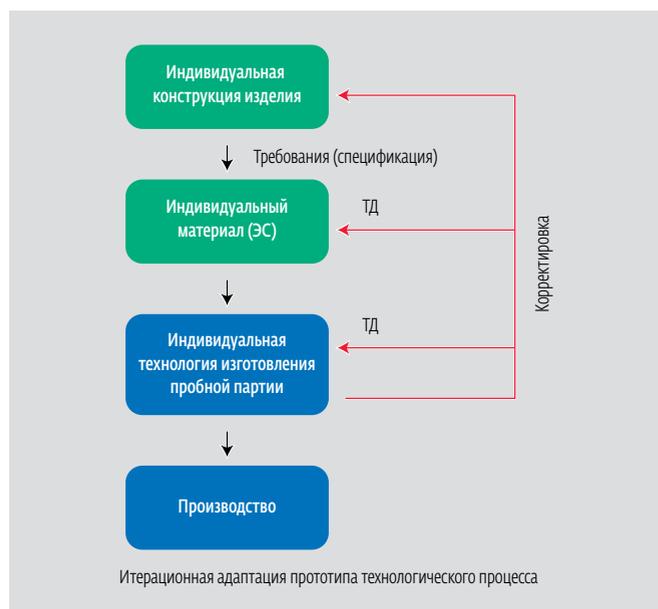


Рис.1. Организационная схема разработок ЭКБ первого этапа

элементов, и, во-вторых, введение статистических методов контроля технологии.

Естественное следствие принципа стандартизации технологического процесса – применение ограниченного числа стандартных конструкций эпитаксиальных структур для конкретных стандартизованных процессов. Возможность и необходимость применения стандартных конструкций ЭС возникли к началу 1990 годов с выходом эпитаксиальных технологий на промышленный уровень развития. ЭС уже описывались не только оптическими или электрофизическими характеристиками, но и параметрами тестовых приборов (транзисторов, диодов, конденсаторов и др.) с достаточной для промышленного применения воспроизводимостью измеряемых параметров тестовых приборов. При этом оказалось, что именно свойства эпитаксиальных структур определяют предельные характеристики полупроводниковых приборов, а конструкция прибора неотделима от конструкции эпитаксиальной структуры. В связи с этим принцип стандартизации ЭС заключается во включении описывающего ее полного набора параметров в ФТБ стандартизованного технологического процесса.

Результат стандартизации технологических процессов – существенное сокращение сроков и снижение себестоимости разработки каждого отдельного изделия. Не менее важным является возможность привлечения к созданию изделия электронной компонентной базы разработчика радиоаппаратуры, который определяет основные требования к этому изделию. Тем самым устраняется риск разработки невостребованного продукта.

Важнейшим признаком второго этапа развития полупроводниковой промышленности в мировой экономике является отсутствие производителей ЭКБ, организованных по принципу "самодостаточное хозяйство". Основным принципом построения отрасли стало доведение до максимума уровней специализации и кооперации. Базой для специализации предприятий стал 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 фотомасок, дизайн-центр. Всеми вспомогательными производствами (изготовление

спецматериалов, оснастки, тары и т.п.) занимаются независимые специализированные предприятия.

Пример специализации – структурная организация корпорации Infineon. У входящих в нее предприятий один собственник. Вместе с тем им практически предоставлена полная технологическая и финансовая свобода, позволяющая приобретать у сторонних, не входящих в корпорацию, компаний продукцию, аналогичную продукции, выпускаемой другими "дочками" корпорации. Еще один пример – крупнейшая корпорация Hitachi, в которую входят несколько дочерних компаний с близкой специализацией (например, компании Hitachi Cable и Hitachi Chemical Co, занимающиеся выращиванием полупроводниковых структур). Предприятия, входящие в Hitachi, могут покупать структуры как внутри корпорации, так и у сторонних компаний.

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

Кооперация, которая неизбежна для специализированных компаний, в первую очередь подразумевает совместную работу независимых потребителей и поставщиков, что поддерживает конкурентную среду, способствующую постоянному совершенствованию 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.

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 полностью характеризуется измеряемыми в соответствии с техническим заданием параметрами.

В производстве кремниевой ЭКБ принцип специализации, кооперации и применения

стандартизованных технологий привел к стремительно нарастающей тенденции отделения процесса разработки от производства и к образованию ряда высокопроизводительных специализированных предприятий по производству чипов – кристаллов с кремниевыми микросхемами. В мировой практике такие предприятия получили название *foundry*. Жизнеспособность и эффективность применения принципа разделения мировой полупроводниковой промышленности на чисто разрабатывающие и производящие предприятия (*fables* и *foundry*) сегодня доказана мировой практикой [1], в том числе объявлением таких гигантов, как Samsung и Intel о принятии в качестве стратегической модели развития – модели *foundry* [2, 3].

В терминологии российских стандартов, выпущенных в 2009 году 22 ЦНИИ МО, предприятия типа *foundry* называются "изготовителями пластин с кристаллами заказных элементов". В терминологии 22 ЦНИИ заказчиками предприятий-изготовителей пластин с кристаллами заказных элементов выступают так называемые дизайн-центры "кристалльного уровня" или "предприятия-разработчики микросхем". Дизайн-центры кристалльного уровня – это предприятия, оборудованные компьютеризованными рабочими местами с необходимым программным обеспечением. Другими заказчиками предприятий-*foundries* иногда выступают *fables*-центры – дизайн-центры кристалльного уровня, дополнительно укомплектованные испытательным оборудованием.

Именно наличие стандартизованных технологий позволяет предприятию-*foundry* одновременно работать с несколькими десятками (или даже сотнями) дизайн-центров, что сокращает себестоимость и сроки разработки монолитных интегральных схем (МИС), а также резко увеличивает номенклатуру и ассортимент производимых схем. Благодаря связке "предприятие-*foundry* – дизайн-центр" процесс разработки конкретной МИС, как правило, требует одну-две итерации и занимает три-шесть месяцев. Еще одно достоинство применения стандартизованных технологий – отсутствие необходимости проводить дорогостоящие испытания каждого изделия. Испытания проводятся один раз при аттестации технологии на одном из изделий. И наконец, разработчики РЭА могут непосредственно использовать стандартизованные технологии проектирования, что позволяет не только исключить дорогостоящее промежуточное звено разработки

топологии кристалла, но обеспечить создание и производство изделий, соответствующих требованиям разрабатываемой радиоэлектронной аппаратуры.

Предприятия-производители СВЧ ЭКБ на арсениде галлия развивались так же, как производители кремниевой ЭКБ. Сегодня такие компании, как Win Semiconductors, TriQuint Semiconductor, United Monolithic Semiconductors (UMS) и другие являются специализированными предприятиями-*foundry*. Надо отметить, что помимо кристалльного производства, эти предприятия имеют в значительной степени автономные подразделения, выполняющие другие функции (производство фотошаблонов, выращивание гетероструктур, сборку МИС). Однако задача этих "непрофильных" подразделений – не столько производство продукции, сколько отслеживание и обеспечение конкурентного уровня разработок в соответствующих областях. Так, TriQuint производит ~20% потребляемых ею эпитаксиальных структур и не планирует увеличивать их производство. "Непрофильные" подразделения оказывают платные услуги всем компаниям, включая и другие *foundry*.

Накопленный мировой экономикой опыт привел к тому, что новые направления полупроводниковой техники, появившиеся в конце 20 – начале 21 века, сразу строились на принципах кооперации предприятий,

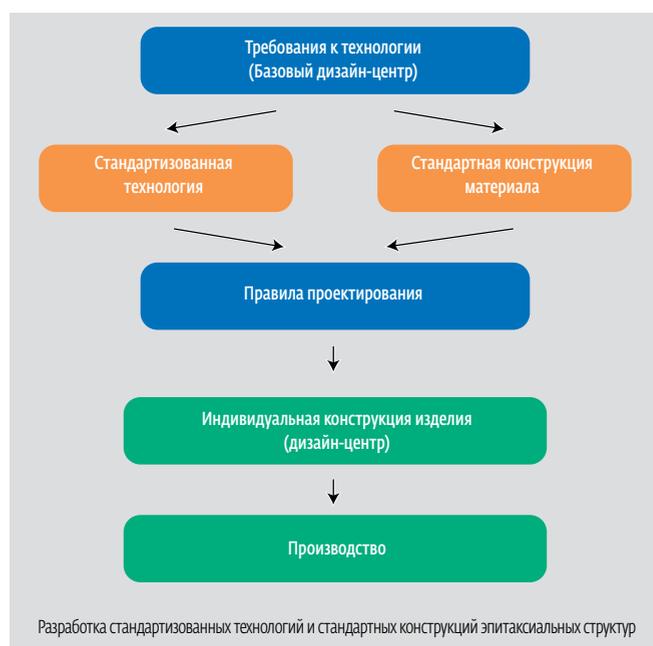


Рис.2. Организационная схема разработок ЭКБ второго этапа

владеющих стандартизованными технологиями, и дизайн-центров. В равной мере это относится и к направлению микроэлектромеханики (МЭМС), и к нитридным технологиям.

Разразившийся в 2001-2002 годах системный кризис мировой полупроводниковой промышленности окончательно уничтожил зарубежные предприятия, построенные по принципу "самодостаточное хозяйство", и подтвердил жизнестойкость сотрудничества дизайн-центров и предприятий-foundry.

Таким образом, на втором этапе развития мировой полупроводниковой промышленности универсальной основой ее построения стало взаимодействие стандартизованных технологий производства и проектирования, осуществляемое посредством правил проектирования (рис.2). При этом организационная форма определяется набором ключевых компетенций, доступных тому или иному предприятию.

МЕСТО И РОЛЬ ДИЗАЙН-ЦЕНТРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

Базовый дизайн-центр. Его основные задачи:

- выдача технических заданий на разработку стандартизованных технологических процессов в виде перечня измеряемых параметров и диапазонов их допустимых значений (ФТБ), а также в виде состава тестовых элементов параметрического монитора, предназначенного для измерения перечисленных параметров;
- разработка моделей активных и пассивных элементов, формируемых стандартизованным технологическим процессом, и экспериментальное подтверждение соответствия математических расчетов (моделей) реализуемым на практике параметрам элементов;
- разработка на основе построенных моделей библиотеки стандартных элементов и правил проектирования для дизайн-центров кристалльного уровня.

В общем случае базовый дизайн-центр должен выбрать или разработать конструкцию эпитаксиальной структуры, которая позволит

реализовать задуманный технологический процесс. При этом базовый дизайн-центр может реализовать в собственной структуре материаловедческое отделение или выдать задание стороннему предприятию, выступающему как материаловедческий центр и опирающемуся на собственное производство или на "третьего" производителя эпитаксиальных структур.

Базовые дизайн-центры могут быть самостоятельными юридическими лицами, входить в структуру предприятия-изготовителя пластин с кристаллами заказанных элементов (foundry) или входить в структуру университетских центров.

Независимо от организационно-правовой формы при составлении технического задания на разработку стандартизованного технологического процесса базовый дизайн-центр должен располагать сведениями о классе или типе изделий, для которых предназначена разрабатываемая технология. Эти данные можно получить в результате маркетингового анализа и чаще всего они предоставляются отделом маркетинга предприятия-производителя (foundry).

Материаловедческий дизайн-центр разработки эпитаксиальных структур. Основная задача этого дизайн-центра – определение конструкции и выдача технического задания на разработку технологии производства эпитаксиальных структур, соответствующих требованиям, сформулированным базовым дизайн-центром. Эти требования включают перечень параметров эпитаксиальной структуры, которые войдут в ФТБ стандартизованного процесса. Наиболее целесообразным представляется принадлежность дизайн-центра разработки эпитаксиальных структур предприятию-изготовителю эпитаксиальных структур (в терминологии мировой полупроводниковой промышленности – epihouse).

Дизайн-центр кристалльного уровня (дизайн-центр разработчика аппаратуры). Его основные задачи: разработка специализированных изделий полупроводниковой электроники на основе полученных правил проектирования и верификация соответствия разработанной топологии требованиям, предъявляемым к изделию. Все авторские права на топологию разрабатываемого изделия принадлежат дизайн-центру кристалльного уровня. Организационно он может входить в структуру предприятия-разработчика радиоэлектронной аппаратуры или быть самостоятельным предприятием, разрабатывающим МИС по договорам с разработчиками

радиоэлектронной аппаратуры. В тех случаях, когда дизайн-центр разработчика аппаратуры берет на себя еще и функции проведения комплекса испытаний, он превращается в fabless центр.

Организационные модели построения предприятий полупроводникового комплекса. Выбор модели зависит от того, какие ключевые компетенции предусмотрены в структуре предприятия. В предельном случае ключевые компетенции, определяющие специализацию предприятий, могут быть разнесены по разным юридическим лицам. Такими юридическими лицами могут быть:

- исследовательские подразделения крупных концернов или зарекомендовавшие себя университетские или академические центры, работающие по контракту с предприятием-производителем (foundry) и выступающие в качестве базовых дизайн-центров;
- подразделения предприятий-разработчиков аппаратуры либо самостоятельные дизайн-центры, оказывающие разработчикам аппаратуры услуги по созданию изделий, в том числе fables-центры, выполняющие функции дизайн-центров кристалльного уровня;
- так называемые чистые фаундри - предприятия-производители (pure-play foundry), выполняющие роль кристалльного производства;
- сторонние специализированные предприятия (epihouses), выступающие в качестве материаловедческого дизайн-центра и предприятия-производители эпитаксиальных структур.

Модель предельного разнесения ключевых компетенций по разным организациям реализована тайваньской компанией ("чистое" foundry) WIN Semiconductors. Компания взаимодействует с тремя группами предприятий: дизайн-центрами кристалльного уровня (в том числе с концерном Nokia), внешними базовыми дизайн-центрами (с Skyworks Solutions на основе заключенного в 2007 году соглашения о стратегическом сотрудничестве) и материаловедческим дизайн-центром и производителем эпитаксиальных структур (Visual Photonics Epitaxy Co.).

Предприятие, в котором сосредоточены почти все ключевые компетенции, получило название IDM (Integrated Device Manufacturer – интегрированный производитель приборов). Вариант построения предприятия по модели IDM в области СВЧ-технологий реализован корпорациями Skyworks Solutions, Toshiba America



Рис.3. Структурная схема разработок и производства изделий полупроводниковой техники, реализованная на предприятиях TriQuint Semiconductor, RF MicroDevices, OMMIC и др.

Electronic Components, Analog Devices и др. В этом случае сторонние предприятия выполняют, как правило, лишь функции материаловедческого дизайн-центра и производителя эпитаксиальных структур.

Смешанная модель реализации структурной схемы принята на предприятиях TriQuint Semiconductor, RF MicroDevices, OMMIC и других (рис.3).

Тем не менее, в основу всех вариантов организации производства изделий полупроводниковой техники (кремниевых интегральных микросхем, СВЧ монокристаллических интегральных схем, изделий МЭМС и микрофотоники) положена кооперация дизайн-центров и предприятий по производству микросхем по стандартизованным технологиям. При этом главная цель и критерий оптимального выстраивания кооперационных связей – максимальное использование ключевых компетенций всех участников кооперации (см. таблицу).

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

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОССИЙСКОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Советская, а затем и российская полупроводниковая промышленность в конце 20 – начале 21 века прошла испытание, которое не выпадало на долю

Ключевые компетенции, реализуемые различными организационными моделями

Ключевая компетенция	Организационная модель				
	Чистый 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 на соответствие ТЗ	-	+	+	+	-
Оказание технологических услуг	+	-	+	-	-
Серийный выпуск изделий	-	-	+	+	-
Получение рекордных результатов	-	-	-	-	+

ни одной экономики мира. В постперестроечные годы существовала реальная угроза полного вымирания отрасли. Органам государственной власти удалось спасти отрасль благодаря адресной поддержке сначала конкретных предприятий, а затем, с улучшением экономической ситуации, и избранных направлений развития продуктовых линий. Но за спасение полупроводниковой промышленности пришлось заплатить замораживанием организационной схемы разработок на уровне первого этапа ее развития. Тем самым структурная перестройка отрасли была отложена до лучших времен. В результате наиболее общими и при этом известными характеристиками современной российской полупроводниковой промышленности являются:

- отсутствие экономической конкуренции в отрасли, как следствие прямой поддержки государством конкретных предприятий;
- устаревшее технологическое оборудование и инфраструктура, что обусловлено недостаточными инвестициями в основные средства;

- архаичность организационной схемы разработок и производства, ориентированной на массовое производство ограниченной номенклатуры изделий, в том числе и СВЧ твердотельной (ТТ) ЭКБ;
- отсутствие необходимости определять свои ключевые компетенции, выделяя прочие в аутсорсинг, и в результате – ориентация на натуральное хозяйство;
- не соответствующая современным требованиям культура производства, оставшаяся на уровне первого этапа;
- низкая производительность труда;
- разрыв поколений в персонале предприятий отрасли.

Все это привело к тому, что рыночное положение полупроводниковой промышленности, по крайней мере, в области СВЧ-техники характеризуется следующими факторами:

- несоответствием технического уровня изделий, разрабатываемых и выпускаемых большинством предприятий отрасли, требованиям, предъявляемым потенциальными потребителями;

- катастрофически длительными сроками разработок приборных рядов конкретных изделий;
- высокими рисками разработки невостребованных изделий СВЧ ТТ ЭКБ;
- низкой эффективностью инвестиций в разработки;
- высокой себестоимостью изготавливаемых полупроводниковых изделий даже в тех случаях, когда они востребованы и соответствуют техническим требованиям.

В результате 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.

Организационная причина существенного отставания отрасли и от потребностей предприятий-потребителей, и от мировой полупроводниковой промышленности – использование единственной формы государственного управления отраслью – формы, соответствующей задаче развития массового производства ограниченного ассортимента, в том числе и СВЧ ТТ ЭКБ. Проявление этого способа управления – 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 разработок (или потребности в объемах, недостаточных для рентабельного производства) и уже по этой причине оказывается малоэффективной.

Господствующей в мире формой государственной поддержки и управления полупроводниковой промышленностью стало государственное финансирование разработок стандартизованных технологий. Характерный пример – Программа

широкозонных полупроводников для создания СВЧ-приборов (WBGs-RF), инициированная и координируемая Агентством перспективных исследований МО США. Результатом этой программы должна стать разработка на предприятиях-участниках стандартизованных технологий, а критерием выполнения – передача предприятиям-разработчикам аппаратуры проектирования. При этом разработка конструкций конкретных изделий СВЧ ТТ ЭКБ по созданным правилам проектирования финансируется из бюджета предприятий-потребителей.

Общее улучшение экономической ситуации в России в целом и оживление отечественной радиоэлектронной промышленности в частности [4] позволяет ставить вопрос о структурной перестройке в области разработок и производства СВЧ ТТ ЭКБ. Включение в государственное управление механизма финансирования стандартизованных технологий должно быть направлено на перераспределение между государством и бизнесом финансовой нагрузки и ответственности. При этом, государство должно отвечать за создание инструментов проектирования и производства (т.е. за разработку стандартизованных технологий и правил проектирования), а бизнес – за соответствие изготавливаемых изделий СВЧ ТТ ЭКБ требованиям разработчиков аппаратуры (т.е. за разработку конкретных изделий ЭКБ). Кроме того, в такой схеме результаты разработок технологии оценивает не только государство, но и бизнес, как их потребитель.

* * *

Очевидно, структурная перестройка должна учитывать реалии одной из важнейших оборонных подотраслей отечественной промышленности и проводиться эволюционными, а не революционными методами, но в то же время решительно, радикально и системно.

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. **Phillips M.** Intel Pursuing Apple's Foundry Biz. – The Wall Street Journal, 5/02/2011.
4. **Якунин А.** Итоги работы радиоэлектронной промышленности в 2010 году и основные задачи на 2011 год. ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2011, №2, с.26-34.