

**Обеспечение и гарантирование качества  
современных СБИС  
Проблемы – отложенные и новые .**

**С.И. Волков, С.Б.Подъяпольский, Е.С. Темников**

## Проблемы нормативной базы, доставшиеся в наследство из XX века

**Испытания годной продукции – высокие затраты ресурсов при минимальной информационной отдаче :**

- Несоразмерность объемов испытаний их информативности
- Несоразмерность затрат на испытания затратам на изготовление

**Гарантирование радиационной стойкости - отсутствие внятной стратегии за пределами квалификационных испытаний**

- Отсутствие гибкой системы гарантирования радиационной стойкости, в том числе гарантирования технологическим процессом изготовления
- «Выпадение» испытаний по подгруппе Е из контекста ГОСТ РВ 20.57.413

**Несовершенство нормативной базы микросборок и многокристальных модулей**

**Новый «вызов»:** разделение функций внутри единой «цепочки поставки» - «разбегание» участников по ее узким участкам (проектирование, изготовление фотошаблонов, обработка пластин, сборка, испытания)

**Отсутствие стратегии гарантирования качества при аутсорсинге – проведении части производственного процесса на сторонних предприятиях, включая зарубежные**

- нормирования взаимоотношений дизайн-центров и кремниевых фабрик
- нормирования режима *fabless / foundry*

**Отсутствие стратегии обеспечения потребителей в условиях морального износа изделий**

- создания и поддержки страховых запасов пластин /кристаллов (*die banks*)
- создания и поддержки страховых запасов микросхем в пластмассовых корпусах, в том числе, контроля их качества

# Пути оптимизации объемов контрольных испытаний

Введение новых признаков конструктивно-технологического подобия, опирающихся на понятие

*«базовый технологический процесс»*, как

неразрывное единство четырех элементов:

- единый маршрут изготовления и одинаковые режимы технологических операций (комплект технологических документов на базовый процесс)
- единые методы, средства и критерии контроля технологического процесса (универсальный параметрический монитор)
- единые правила проектирования (конструктивно-технологические ограничения) для конкретных применений
- подконтрольный (стабильный) технологический процесс

# Пути оптимизации объемов контрольных испытаний (продолжение)

## Принципы формирования конструктивно-технологических групп

**Конструктивно-технологические группы для подгрупп испытаний, предназначенных для провоцирования развития дефектов, характерных для особенностей изготовления кристаллов**

**По ОСТ В11 0998:** совокупность типов интегральных микросхем, обладающих конструктивной, электрической и, при необходимости, информационной и программной совместимостью и предназначенных для совместного применения (группа типов)

**Новое правило:** изготовление в одном базовом технологическом процессе + одно количество активных элементов на кристалле + один уровень стойкости к воздействию статического электричества

**Конструктивно-технологические группы для подгрупп испытаний, предназначенных для провоцирования развития дефектов, характерных для особенностей сборки**

**По ОСТ В11 0998:** один тип корпуса, одинаковое количество выводов, одинаковый способ монтажа кристалла и герметизации

**Новое правило:** то же + один шаг между выводами + одни конструкционные материалы корпуса и материал покрытия + один изготовитель корпуса + один технологический процесс сборочных операций

# Основы стратегии гарантирования радиационной стойкости при серийном производстве

**Введение в нормативную документацию двух направлений обеспечения радиационной стойкости микросхем:**

- **Изготовление микросхем в технологическом процессе с гарантированным уровнем радиационной стойкости** – процессе, обеспечивающем получение характеристик физической структуры кристаллов микросхем, нечувствительных к воздействию радиационных факторов
- **Применение в проекте микросхемы конструктивных решений, обеспечивающих требуемый уровень радиационной стойкости** – схемотехнических и топологических решений, обеспечивающих неизменность функциональных и эксплуатационных характеристик микросхем в условиях деградации параметров физической структуры кристалла под влиянием радиационных воздействий.

# Основы стратегии гарантирования радиационной стойкости при серийном производстве (продолжение)

**Использование испытаний группы Е в контексте ГОСТ РВ 20.57.413:**  
нормирование гибкой системы испытаний на радиационную стойкость в рамках проведения контрольных испытаний, опирающейся на оптимизированное по затратам и рискам сочетание двух направлений обеспечения радиационной стойкости микросхем:

## *Изготовление в «радиационно-стойком» технологическом процессе*

**Плюсы:** сокращение объемов радиационных испытаний СБИС, возможность использования традиционных проектных решений при создании радиационно-стойких микросхем – сокращение времени от заказа до освоения производства стойких СБИС

**Минусы:** значительные затраты на разработку процесса с гарантированным уровнем радиационной стойкости, высокие затраты на реализацию процесса при изготовлении серийной продукции; суммарно длительное время на получение конечного продукта, необходимость периодического подтверждения сохранения гарантированного уровня стойкости путем натуральных испытаний изделий

## *Применение «радиационно-стойких» проектных решений*

**Плюсы:** отсутствие затрат на разработку специальных технологий, относительно низкая стоимость изготовления готовой продукции, более короткий суммарный срок до получения радиационно-стойкого серийного изделия.

**Минусы:** затраты на разработку специальных проектных решений, ограниченность достижимых уровней радиационной стойкости необходимость испытаний каждого разработанного изделия

# Направления совершенствования нормативной базы микросборок и многокристальных модулей

## *Основная проблема:*

ОСТ В11 1009-2001 (ОТУ на микросборки и МКМ) копирует правила ОСТ В11 0998-99 в части проведения контрольных испытаний. Объемы продукции, подлежащей испытаниям, существенно превышают объемы ее потребления, а использование принципов конструктивно-технологического подобия затруднительно из-за уникальности проектных решений практически каждого изделия.

## *Предлагаемое решение:*

замена основного объема испытаний готовых изделий испытаниями их составных частей на основе принципов, заложенных в MIL-PRF-38534.

# Проблемы гарантирования качества при аутсорсинге

## Проблемы узкой специализации:

- Производственная база ориентирована на поддержку ограниченного числа технологий – Каждый изготовитель ориентирован на производство изделий определенных конструктивно-технологических семейств
- Ориентация на единственного изготовителя резко ограничивает возможности разработчика
- Ориентация на единственного разработчика резко ограничивает номенклатуру и качество реализуемых проектов

*Аутсорсинг – общемировая тенденция расширения возможностей за счет привлечения сторонних ресурсов – следствия:*

- Появление разработчиков микросхем, не обладающих собственной производственной базой
- Появление изготовителей микросхем, не обладающих возможностями их проектирования
- $N_{\text{разработчиков микросхем}} \gg N_{\text{изготовителей}}$

# Проблемы гарантирования качества при аутсорсинге (продолжение)

Отечественная практика – работа на формальной основе  
РД 11 0723 и ОСТ В 11 1010 с «важным» уточнением:

*по правилам поставки микросхем поставлялся объект с неопределенными свойствами*

*...Департамент Министерства обороны по закупке электронных компонентов столкнулся с проблемами, которые едва ли предвидели отцы-основатели системы QML – проблемами аутсорсинга, в первую очередь, работы в режиме fab-less и с использованием «банков кристаллов».*

Майкл Дж. Сэмпсон, руководитель Программы НАСА по электронным и электротехническим компонентам (NASA EEE Parts Program) (Презентация для Группы Министерства Обороны по планированию в микроэлектронике (Defense Microcircuit Planning Group – DMPG, 23 сентября 2004г., Коламбус, Огайо)

# Проблемы гарантирования качества при аутсорсинге (продолжение)

## ***ВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ***

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
РАЗРАБОТЧИКА МИКРОСХЕМ И ИЗГОТОВИТЕЛЯ ПЛАСТИН С  
КРИСТАЛЛАМИ ЗАКАЗАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

## ***ВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ***

**Изделия электронной техники, квантовой электроники  
и электротехнические военного назначения.**

**ПЛАСТИНЫ С КРИСТАЛЛАМИ ЗАКАЗАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.  
ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

Сроки введения – 01.07.2009г.

**Краеугольный камень документов – гарантирование качества через  
изготовление продукции в рамках ранее верифицированных базовых  
технологических процессов**

# Проблемы гарантирования качества при аутсорсинге (продолжение)

## Пластины с кристаллами заказанных элементов для изготовления микросхем

0,5 мкм  
ЭПИ

1867ВЦ2Т

1867ВЦ4Т

1867ВЦ3Ф

1867ВЦ1Ф

1302КН1Т

1302КН2Т

1302КН3Т

0,5 мкм  
КНИ

1851ВЕ51У

1874ВЕ05Т

1620РУ10У

1620РЕ4У

0,35 мкм  
ЭПИ

5576ХС1Т

5576ХС2Т

5573ИН1У

5573АП1Т

5518АП2Т

1875ВД2Т

5574ИН1У

5574ИН3У

5574ИН4У

5574АП5У

5574ИР1У

5574ИР2У

# Проблемы гарантирования качества при аутсорсинге (продолжение)

## Направления совершенствования нормативных документов

- 1 Контроль стабильности производственного процесса (аналог периодических испытаний) - опора на стратегию базовых технологических процессов требует повышения требований к контролю стабильности (статистическому контролю) производственного процесса
- 2 Регламентация отношений «изготовитель – разработчик» в постконтрактный период
- 3 Порядок прекращения поддержки базового технологического процесса (на основе принципов ГОСТ В15.801)

## Проблема морального старения процессов и морального износа изделий :

действующие нормативные документы не позволяют компенсировать отказ  
от поддержки процесса созданием страховых запасов кристаллов / пластин /  
микросхем

изделия	в стандартной упаковке поставщика в отапливаемом хранилище		в специализированной упаковке поставщика или в среде азота с точкой росы минус 65°С	
	по отечественным стандартам	по данным зарубежных поставщиков	по отечественным стандартам	по данным зарубежных поставщиков
Кристаллы / пластины	1 год	0,1 – 1 год	1,5 года	10 – 20 лет
Микросхемы в герметичном корпусе	25 лет	10 – 20 лет	не регл.	не регл.
Микросхемы в пластмассовом корпусе	25 лет	не более 2-х лет	не регл.	10 – 20 лет

# Проблемы качества микросхем в пластмассовом корпусе

## Снижение требований ОСТ В11 0998 к микросхемам в пластмассовом корпусе:

верхнее значение температуры при термоциклах  $+125^{\circ}\text{C}$ ;

снято требование по отсутствию органики;

не проводится проверка герметичности и не проводится контроль содержания паров внутри корпуса;

не проводится обнаружение посторонних частиц по уровню шума;

не проводится испытание на воздействие линейного ускорения;

не проводятся испытания внешних выводов на воздействие механических нагрузок (типы 2 и 6)

не проводятся испытания в реальных условиях повышенной влажности

**не имеет компенсации альтернативными требованиями.**

**Решение:** частичная компенсация по MIL-PRF-38535 и EIA/JEDEC Standard No.47, направленная на оценку качества и мониторинг изменения свойств пресскомпозиции / полимера: испытание на воздействие повышенной влажности под давлением при наличии и в отсутствие электрической нагрузки и на воздействие соляного тумана и др.