

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАННОГО КАЧЕСТВА МИКРОСХЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© 2016 г. А.Л. ЕРОШКИН

Московский технологический университет (МИРЭА)

На мировом рынке радиационно-стойкой микроэлектроники главенствуют, в основном, американские компании, специализирующиеся на разработке и изготовлении такого рода изделий. Это, например, фирмы Xilinx, Harris, General Electric, Aeroflex, Actel. В Россию продукция этих компаний может поставляться только по разрешению Госдепартамента США, которое для применения в стратегически значимых системах России обычно не выдается. Аналогичная ситуация и с поставками в Россию оборудования, технологий и материалов для производства микроэлектроники. При этом их поставки для двух новейших технологических поколений категорически запрещена. Поставки оборудования, технологий и материалов для выпуска более старого поколения продукции возможна только с санкции Госдепартамента США, что обусловлено запретом выпускать в России на их основе изделия специальной микроэлектроники. В этих условиях важнейшей задачей является обеспечение потребностей стратегически значимых систем в собственной специальной микроэлектронике. И особенно — в радиационно-стойкой, составляющей основу национальной безопасности [1].

В соответствии ГОСТ 18298-79 под радиационной стойкостью изделия понимается «свойство аппаратуры, комплектующих элементов и материалов выполнять свои функции и сохранять параметры в пределах установленных норм во время и после действия ионизирующего излучения» [2]. Определённой радиационной стойкостью обладают все изделия микроэлектроники. Но имеется ряд областей применения, в которых уровень радиационного ионизирующего излучения существенно выше естественной радиационной стойкости изделий микроэлектроники. Для применения в таких условиях требуется специальная микроэлектроника с повышенной радиационной стойкостью и с сертификацией на устойчивость к определённому уровню и характеру радиационных воздействий [1].

Ведущие мировые фирмы, работающие в космической и оборонной отраслях, около 20 лет используют в своих изделиях так называемые «системы в корпусе» (СвК). Тем самым достигается миниатюризация изделия (вес, габариты), увеличивается его функциональность и снижается энергопотребление. При этом цикл разработка – выпуск сокращается до нескольких недель.

Важнейшее значение для успешной разработки и производства СвК имеет выбор квалифицированных полупроводниковых кристаллов по технологии KGD (Known Good Die) – «заведомо бездефектный кристалл». Данная технология позволяет поставлять потребителям бескорпусные кристаллы с гарантированной надёжностью и радиационной стойкостью. В настоящее время отечественные предприятия не обладают технологией, которая гарантированно обеспечивала надёжность и радиационную стойкость каждой поставляемой микросхемы. Сегодня в РФ существует реальная возможность производить отечественные СвК [3].

К основным особенностям электронной компонентной базы (ЭКБ), применяемой в условиях воздействия радиации, относятся: высокие требования к надёжности, малая серийность, стойкость к специальным внешним воздействующим факторам (СВВФ),

расширенный температурный диапазон (от – 60° до +125°С), обеспечение длительных сроков безотказной работы (15 лет и более) [4].

В нашей стране принят комплекс государственных военных стандартов «Климат-7» (14 стандартов), который устанавливает требования аттестации каждой партии пластин к СВВФ. Так как в пластине существуют технологические дефекты, влияющие на радиационную стойкость отдельного кристалла, мы не можем гарантировать параметры по надёжности и радиационной стойкости для каждого поставляемого кристалла. Реализация технологии производства и поставки потребителю кристаллов с гарантированной надёжностью и радиационной стойкостью является сложной технической задачей, и способы достижения могут быть разные: изделие относится к универсальным интегральным схемам (ИС), большая часть которых поставляется потребителям как обычное корпусированная микросхема, а незначительная часть кристаллов поставляется по технологии KGD; изделие специального назначения и проектируется под поставку в кристаллах по технологии KGD.

В первом случае поставка потребителям обычной корпусированной микросхемы осуществляется по отработанным базовым технологиям. Базовая технология позволяет более чем на порядок сократить время испытаний и энергопотребление при увеличении достоверности результатов, существенно увеличить количество выборок испытательной информации без увеличения затрат; повысить производительность труда за счет автоматизации процесса испытаний ЭКБ и размещения испытательного оборудования непосредственно на рабочих местах; обеспечить высокую санитарную и экологическую безопасность.

В целях обеспечения радиационной стойкости используется два основных подхода при проектировании (RadHard by Design) и при производстве (RadHard by Process). Первый подход предполагает, что дизайн-центр разрабатывает специальную радиационно – стойкую библиотеку базовых элементов под стандартный техпроцесс. Вторым подходом – технологии, ориентированные на радиационную стойкость. К ним относятся технологии типа «кремний на сапфире» (КНС), «кремний на изоляторе» (КНИ), технологии на объемном кремнии со специальными технологическими операциями для обеспечения радиационной стойкости. Это направление поддерживают, в частности, НПК «Технологический центр» и ОАО «Ангстрем».

Для производства кристаллов под поставку KGD вводятся дополнительные стандарты с более жесткими нормами на параметры, дополняются методами обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости для каждой поставляемой микросхемы, дорабатывается маршрут поставки. Методы обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости в основном предполагают использование избыточных возможностей кристалла. Примером информационной избыточности может служить кодирование информации. Известный код Хеминга позволяет избежать неприятностей при «мягких» сбоях ИС ОЗУ, возникающих при попадании в «чувствительный» объём элемента ИС тяжёлой заряженной частицы с высокой энергией. Методы, основанные на контроле работоспособности и резервировании отдельных элементов в самом кристалле.

Второе направление затрагивает практически все этапы создания кристалла от стадии формирования технического задания на разработку до изготовления, тестирования и поставки изделия потребителю.

ОАО «Ангстрем» вопросам обеспечения бескорпусного кристалла с гарантированной надёжностью и радиационной стойкостью уделяет повышенное внимание, как перспективному виду поставок продукции потребителям. Для этого на предприятии приобретено ряд специального оборудования:

- зондовая установка с подогревом и охлаждением столика,
- рентген-установка, совмещенная с зондом,
- лазерная установка, совмещенная с зондом,
- измерительная система, обеспечивающая контроль функционирования, статических и динамических параметров,

– кабельная и согласующая оснастка, обеспечивающая контроль на пластине на предельных частотах функционирования [5].

В работе предложен маршрут радиационно-термической отбраковки дефектных изделий на зондах с использованием рентгеновского имитатора.

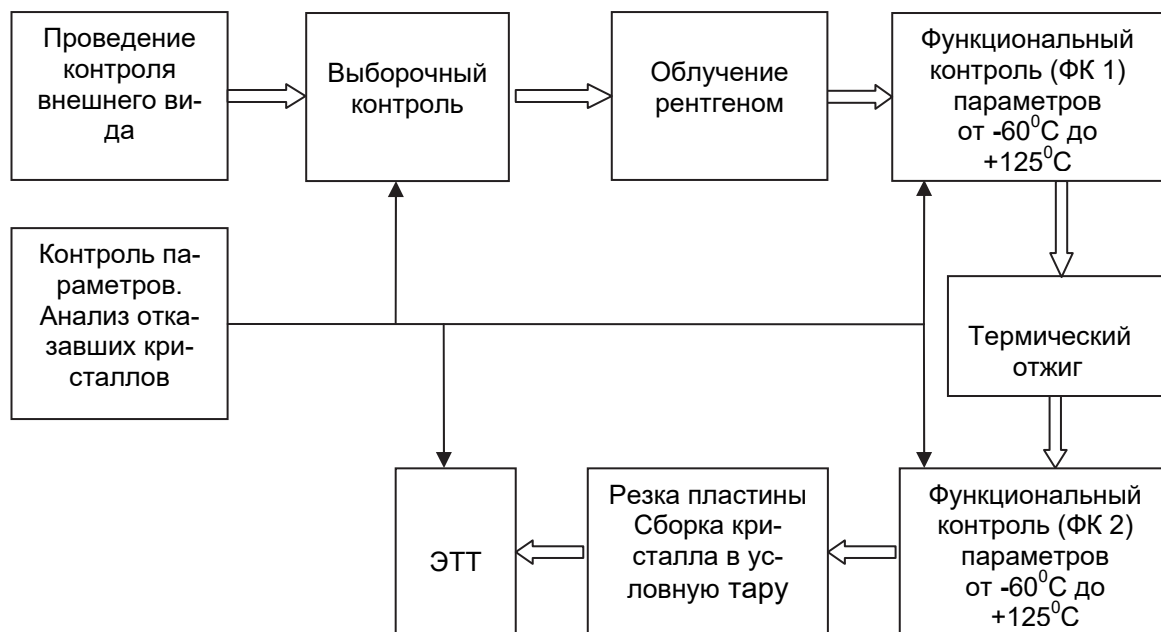


Рис. 1. Технологический маршрут радиационно-термической отбраковки дефектных изделий с применением рентгеновского имитатора.

Основные технические требования к кристаллу для проведения испытаний и аттестации:

- отдельные кристаллы, полученные из пластин, проходят сто процентные функциональные испытания по внешнему виду и по электрическим параметрам;
- кристаллы проходят те же испытания, что и корпусированные приборы.

В начале испытаний каждая партия пластин должна пройти тестовый контроль, включающий в себя выборочный контроль и функциональный контроль (ФК) параметров измерительной системой. Облучение происходит на рентгеновской установке, совмещенной с зондом. Зондовое оборудование с подогревом и охлаждением столика, позволяет контролировать статические и динамические параметры на крайних значениях температур от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$. На каждый кристалл подается рентгеновское воздействие, которое вызывает ионизацию диэлектрических областей, накопление заряда в SiO_2 и образование поверхностных состояний. Таким образом, моделируются катастрофические, долговременные параметрические и функциональные отказы. После набора требуемой дозы пластины извлекаются из области облучения и передаются на участок измерений. Для восстановления первоначальных значений параметров производится радиационно-термический отжиг кристаллов в составе пластин при повышенной температуре с последующим контролем параметров при: температуре -60°C , $+125^{\circ}\text{C}$ и нормальных условиях [4].

Применение условной тары позволяет тестировать микросхему до установки ее на монтажную подложку. На микросхемах с программируемой логикой создается возможность программировать их пережиганием перемычек в соответствии с задуманной схемой.

После сборки кристалла в условную тару проводится электротермотренировка (ЭТТ). Под ЭТТ понимается «испытание воздействием температуры в сочетании с электрической нагрузкой, проводимое с целью выявить изделия со скрытыми дефектами» [6]. ЭТТ является эффективным средством ускорения срабатывания эксплуата-

ционных механизмов. Она дает много информации за короткое время, но достоверные результаты можно получить на основе правильного выбора электрических и тепловых нагрузок, выявления видов и механизмов отказов, соответствующих начальным условиям эксплуатации, а также статистической обработки полученных результатов [7].

Электрические параметры микросхем контролировались до и после испытаний с последующим анализом данных. По результатам испытаний принимается решение об отбраковке отказавших кристаллов или кристаллов с резко выделяющимися отклонениями параметров.

Технологический маршрут аттестации бескорпусных микросхем, позволяет:

– гарантировать надёжность и радиационную стойкость каждой поставляемой бескорпусной микросхемы;

– гарантировать требуемые параметры каждой поставляемой бескорпусной микросхемы в разных диапазонах температур с контролем параметров на зонде;

– гарантировать требуемые динамические параметры каждой поставляемой бескорпусной микросхемы;

– отбраковать дефектные кристаллы на раннем этапе производства, а также эффективно воздействовать на производственный процесс и принимать меры по ликвидации причин отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ерошкин А.Л., Артюхов В.В, Машевич П.Р., Попов Р.А.* Особенности разработки утилитарных методов обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем // Инвестиции и инновации. – 2015. № 8. – с.140 – 142.
2. ГОСТ 18298 – 79. Стойкость аппаратуры, комплектующих элементов и материалов радиационная. Термины и определения.
3. *Ерошкин А.Л, Попов Р.А, Машевич П.Р.* Специфика разработки методов обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости бескорпусных микросхем // Сб. материалов II международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» «Радионфоком 2015», 2015. с.74– 78.
4. *Ерошкин А.Л, Машевич П.Р, Попов Р.А.* Методы обеспечения гарантированной надёжности и радиационной стойкости микросхем // Вестник МГТУ МИРЭА. — 2013. — №3. — С. 74-79.
5. *Попов Р.А., Машевич П.Р, Ерошкин А.Л.* Методы обеспечения радиационной стойкости микросхем // Вестник МГТУ МИРЭА. — 2015. — №1. — С. 176 – 179.
6. ГОСТ Р 53711-2009. Изделия электронной техники. Правила приёмки. М.: Стандартинформ, 2010. - 14 с.
7. *Горлов М.И., Строгонов А.В., Шацких Д.С.* Технологические тренировки интегральных схем // Компоненты и технологии. – 2009. – № 4. – с.196 – 199.