

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ В ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОСТОЙКИХ ИС

АЛЕКСЕЙ ТАБОЛКИН, президент группы компаний «Ангстрем»

Все изделия микроэлектроники, включающие различные интегральные схемы и другие полупроводниковые приборы (далее — БИС), по условиям применения можно разделить на потребительские, промышленные и специальные.

Потребительские и промышленные БИС являются объектом широкой международной кооперации, в которой активно участвует и Россия. На их рынке действует жёсткая конкуренция, имеется сложившаяся специализация лидирующих фирм, поделивших секторы рынка, пробиться на которые новым игрокам, тем более отставшей в ходе длительных реформ отечественной микроэлектронике, очень трудно. Тем не менее искусственных преград этому движению нет.

Иная ситуация складывается в сфере изделий специальной микроэлектроники. Поскольку специальные БИС широко применяются в стратегически значимых системах, в сфере регулирования их оборота вместо рыночных отношений главенствует геополитический подход. Исчезновение с мировой политической арены СССР и появление Российской Федерации мало что изменили в области комплектации стратегически значимых систем микроэлектроникой специального назначения.

На мировом рынке радиационностойкой 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 запрещены. Поставки оборудования, технологий и материалов для выпуска более старого поколения продукции возможна только с санкции того же

Госдепартамента США, что обусловлено запретом выпускать в России на их основе изделия специальной микроэлектроники. Именно на таких условиях были закуплены технологические линии заводами «Микрон» (0,18 мкм) и «Ангстрем-Т» (0,13 мкм): по условиям контракта запрещено выпускать на этих производствах специальные БИС. Таким образом, наши «партнёры» пытаются контролировать российское производство специальной электроники и техники для стратегически значимых систем, регулируя в своих интересах её развитие.

Нет никаких оснований ожидать изменения подобной политики, что подтверждается принятием США в 2010 г. доктрины кибернетических войн в качестве национальной политики. Согласно этой доктрине киберпространство объявлено ареной боевых действий, созданы кибернетические войска и кибернетическое командование, подчинённые непосредственно Стратегическому командованию США, которое возглавил автор доктрины — генерал Роберт Келер. Очевидно, что за созданием кибернетического фронта последуют и спецоперации кибернетических войска...

США сегодня являются мировым лидером в сфере микропроцессоров для кибернетических систем и сетей, и они не могут не использовать это преимущество при реализации новой доктрины. Самым простым способом может быть введение в микропроцессоры специальных аппаратных и программных диверсионных «закладок», активируемых в требуемый момент и разрушающих информационные структуры тех стран, которых США сочтут противниками. Обнаружить аппаратные или неизвестные программные «закладки» практически невозможно и ни один серьёзный эксперт не может гарантировать их отсутствие в импортированной в Россию электронике.

В этих условиях важнейшей задачей отечественных производителей является обеспечение потребностей стратегически значимых систем в собственной специальной микроэлектронике. И особенно — в радиационностойкой,

составляющей основу национальной безопасности.

РАДИАЦИОННОСТОЙКАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Воздействие радиации на вещество зависит от вида, дозы и мощности облучения, спектрального распределения энергии радиации, природы облучаемого вещества, окружающих условий (температуры, влажности) и т.д.

Под воздействием радиации в изделиях микроэлектроники наблюдаются два вида отказов: одни происходят в результате накопления дозы радиации и проявляются в уходе параметров за область норм и работоспособности прибора, другие происходят в результате кратковременного импульсного воздействия и вызывают восстановимые или невосстановимые сбои.

К первому типу отказов относятся, например, рост задержек внутри БИС или изменение логических уровней. Второй тип отказов принято называть одиночными событиями. К ним относятся, например, вызванный ионизацией тиристорный эффект, однократный восстанавливаемый отказ и т.д. При облучении малоэнергетичными частицами такие явления могут вовсе не проявляться, однако с ростом энергии частиц частота одиночных событий растёт.

Согласно ГОСТу 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». 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. Именно

такие изделия микроэлектроники с повышенной (путём различных приёмов при разработке, производстве и сертификации) радиационной стойкостью относятся к радиационностойким (далее — РС БИС).


Для борьбы с негативными последствиями радиационного воздействия применяется ряд технологических, структурных, схемотехнических, конструктивных, топологических и иных приёмов. Наиболее радикальным из них является использование диэлектрических подложек. Тем самым снижаются токи утечки и паразитные ёмкости в подложке, исключается возможность образования паразитных структур типа тиристора. Из-за меньшего слоя подзатворного кремния в транзисторах величина накапливаемого заряда, вызванного длительным воздействием радиации, снижается в 10 раз. Основными структурами на диэлектрической подложке являются следующие:

- кремний на изоляторе, КНИ. Производится окисление всей поверхности кремниевой пластины, на окисел наносится слой монокристаллического кремния толщиной порядка 0,2 мкм, на котором строятся структуры БИС;
- кремний на сапфире, КнС. На поверхность сапфировой подложки наносится слой монокристаллического кремния толщиной 0,3–0,6 мкм (КнС) или 0,1 мкм (UTSi, УТКнС — ультратонкий КнС), на котором строятся структуры БИС.

Ряд приёмов также применяется на уровне схемотехнических элементов библиотек и проектирования БИС. Например, увеличивают длину затвора критически важных транзисторов, повышают уровень сигнала переключения триггеров и т.д. Применяются различного вида задержки, затягивания фронтов, чтобы их длительность превышала длительность вызванных излучением импульсов. Применяются различные корректирующие коды, предотвращающие изменение состояний статических элементов. Часто вводится аппаратная избыточность, например, тройное резервирование. При этом увеличивается площадь кристалла для выполнения критически важной функции, что снижает вероятность ее сбоя или отказа. Вводятся также обратные связи для восстановления правильных значений на пострадавших узлах.

Все эти и ряд других мер, обеспечивающие работоспособность электронной аппаратуры в радиационно-сложных условиях, приводят к снижению быстродействия БИС, к увеличению площади их кристаллов и стоимости.

Важным средством обеспечения высокой радиационной стойкости изделий микроэлектроники является выбор минимального размера топологических элементов БИС — проектной нормы. На заре микроэлектроники, когда проектные нормы БИС были около 10 мкм, а рабочие частоты измерялись единицами МГц, проблема радиационной стойкости не представляла собой сложности для разработчиков ИС. Минимальные элементы БИС были значительно больше ионизирующих частиц и, как правило, слабо реагировали на их воздействия. Проблемы возникли с уменьшением этой разницы. Имеется ряд зарубежных публикаций о критическом снижении стойкости микросхем к тяжелым заряженным частицам при уменьшении проектных норм до 0,18 мкм и ниже. Это объясняется сопоставимостью размеров полупроводниковых структур и размеров тяжёлых частиц ионизирующего излучения. Данная величина в пределах известных ныне методов обеспечения радиационной стойкости БИС является ограничительным порогом для РС БИС. Именно поэтому типовым уровнем технологии РС БИС за рубежом является диапазон 0,25–0,35 мкм, обеспечивающий гарантированную радиационную стойкость. При этом до сих пор активно используются технологии 0,5–0,6 мкм. Технологии уровней менее 0,1 мкм — удел потребительской и промышленной микроэлектроники.



Наши разработки
РАДИОКОМП

- **Отладочные платы** для цифрового вычислительного синтезатора **1508ПЛА8Т** и микросхемы ФАПЧ **1508ПЛА9Т**
- Универсальный двухканальный **генератор Г4-РК2/150**
- **Синтезаторы** частот на основе ИС ФАПЧ с целочисленными и дробными коэффициентами деления в модульном исполнении
- **Синтезатор** частот от 0 до 300 МГц с разрешением по частоте $\sim 10^{-5}$ Гц
- **Синтезаторы** сверхширокополосных ЛЧМ сигналов
- **Аттенюаторы** СВЧ диапазона (до 6 ГГц) с ручным управлением или по шине USB
- **Система съема и архивирования видеoinформации** от видеокамер и микрофонов с передачей изображения и звука на удаленные центры принятия решений, в т.ч. в режиме реального времени
- **Комплект приемо-передающей аппаратуры** для архивирования и передачи малокадрового видео посредством GSM технологий
- **Видеосерверы** с компрессорами H.264 или JPEG2000, управляемые по интерфейсу Ethernet
- **Встраиваемый видеомодуль ВВ-РК-1** с интерфейсами SPI и UART

Россия, 111024, Москва, Авиамоторная ул., д. 8
Тел: (495) 957-7745, 361-0416/0904 ф: (495) 925-1064
e-mail: sales@radiocomp.ru www.radiocomp.ru

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИАЦИОННОСТОЙКОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Начало исследованиям по проблеме радиационной стойкости электронной аппаратуры космического назначения и предназначенной для её построения микроэлектронике положено в середине 1960-х гг. В СССР была создана функционально полная номенклатура радиационностойких изделий микроэлектроники, насчитывающая более тысячи типоминималов микросхем и полупроводниковых приборов. Но в ходе преобразований в стране индустрия радиационностойкой микроэлектроники, как и микроэлектроники в целом, была в значительной степени разрушена, отстала от мирового уровня и требует восстановления.

Пионером отечественной радиационностойкой микроэлектроники был НИИ Точной технологии с опытным заводом «Ангстрем», преобразованный в 1993 г. в ОАО «Ангстрем». НИИТТ был головным институтом в стране в области МОП-микроэлектроники, принципиально менее радиационностойкой по сравнению с биполярными приборами. По этой причине НИИТТ был вынужден первым заняться проблемой радиационной стойкости. Именно в НИИТТ появились первые в стране серии РС микросхем на объёмном кремнии и кремнии-на-сапфире (КнС). С 2004 г. производством кристаллов КнС БИС производится только на «Ангстреме», который является их единственным промышленным изготовителем в стране.

В России требованиям к промышленному многопрофильному и многотехнологичному производству БИС уровня 1,2–0,6 мкм удовлетворяет только ОАО «Ангстрем» — основной производитель специальной микроэлектроники: КМОП-микросхем КнС, полузаказных БИС на основе БМК, кристаллов для приборов силовой электроники. «Ангстрем» владеет полным циклом создания РС БИС, включающим отбраковку



Рис. 1. Моделирующая установка «Исследователь»



Рис. 2. Автоматизированный комплекс для рентгеновских имитационных испытаний микросхем

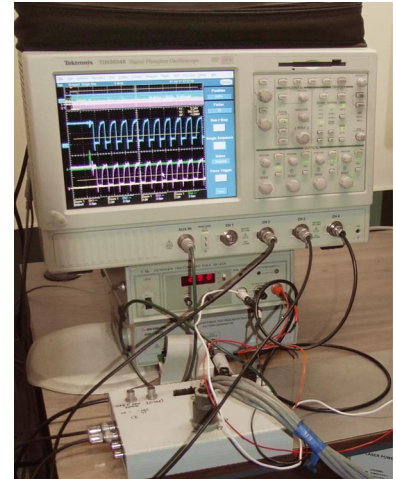


Рис. 3. Унифицированная измерительная система

по их стойкости к различным радиационным воздействиям.

В 1999–2004 гг. «Ангстрем» разработал новые технологии производства РС БИС на основе пластин КнС диаметром 100 и 150 мм с толщиной кремниевой пленки 0,6 и 0,3 мкм и с топологическими нормами 3,0, 2,0 и 0,8 мкм. На их основе разработаны, производятся и поставляются потребителям РС БИС различных серий. При этом создание технологий и производственной линии, закупка недостающего оборудования производились «Ангстремом» без помощи государства за счёт собственных и кредитных средств: отсутствие государственной помощи в создании РС технологий остаётся одной из самых главных проблем в создании РС ИС.

В 2008 г. «Ангстрем» разработал новую технологию создания РС БИС на основе пластин КнС диаметром 150 мм с топологическими нормами 0,5–0,8 мкм, что в целом приближается к мировому уровню.

ОАО «Ангстрем» обладает мощным научным и промышленным потенциалом, который позволяет уже сегодня решать многие проблемы обеспечения внутреннего рынка изделиями специальной микроэлектроники. В состав «Ангстрема» входят:

- оснащённые вычислительной техникой, программным обеспечением и аналитическим оборудованием 9 дизайн-центров, укомплектованных высококвалифицированными специалистами для создания изделий специальной микроэлектроники различных классов, и широкая сеть отечественных дизайн-центров партнёров, для которых «Ангстрем» выступает в роли «кремниевой мастерской», позволяют разрабатывать более 80 новых типов БИС ежегодно;
- технологические дизайн-центры для комплексного создания производ-

ственных процессов и маршрутов изготовления изделий специальной микроэлектроники осуществляют до 5 комплексных проектов в год;

- серийное многопрофильное и многотехнологичное полупроводниковое производство уровня 1,2–0,6 мкм на пластинах объёмного кремния, КНИ, КнС, а в разработке — УТКнС и карбида кремния (SiC) диаметром 150 и 100 мм рассчитано на выпуск более 10 тыс. пластин в месяц;
- серийное сборочное производство способно выпускать более 2,5 млн изделий специальной микроэлектроники в год в металлокерамических и пластмассовых корпусах, а также на полиимидных носителях;
- серийное аппаратное производство на основе корпусированных и бескорпусных изделий микроэлектроники;
- сертификационно-испытательный центр для аттестации изделий специальной микроэлектроники.

На «Ангстреме» создана и эффективно действует единственная в стране комплексная сквозная система «разработка — производство — испытания — сертификация» высоконадёжных радиационнстойких приборов. Все радиационнстойкие изделия проходят в «Ангстреме» жёсткие тренировки, проверки и отбраковки, исключая попадание потребителю продукции с негарантированным уровнем качества.

Для проведения испытаний на стойкость к воздействию накопленной дозы радиации используется моделирующая установка «Исследователь» (см. рис. 1), которая является источником гамма-излучения изотопа ^{60}Co . При различных режимах облучения установка выполняет радиационно-термическую обработку, улучшающую параметры транзисторов БИС, а также отбраковку БИС в составе пластины по радиационной стойкости.

Ещё одним средством обеспечения стойкости БИС к воздействию накопленной дозы ионизирующего излучения являются рентгеновские автоматизированные имитационные испытательные комплексы для разбраковки всех кристаллов микросхем в составе пластины (см. рис. 2).

Важным элементом указанных комплексов является унифицированная измерительная система (см. рис. 3). Она составлена из импортных, отечественных приборов и приборов собственной разработки.

Таким образом, для обеспечения высокой надёжности радиационнстойкой продукции ОАО «Ангстрем» применяет самый полный в стране набор тренирующих, испытательных и отбраковочных процедур, которым в соответствии с требуемым уровнем радиационной стойкости подвергаются все партии РС БИС. Операциям радиационно-термической обработки и радиационной отбраковки подвергаются также важные изделия потребительской и индустриальной микроэлектроники, что приводит к существенному повышению их надёжности.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ РАДИАЦИОННОСТОЙКОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В рамках модернизации основного производства «Ангстрем» создаёт новое многопрофильное и многотехнологичное кристалльное производство специальной микроэлектроники уровня 0,35–0,25 мкм на пластинах диаметром 200 мм с базовыми технологиями и широким набором технологических опций (проект «Ангстрем-плюс»). Состав оборудования, его размещение, структура взаимосвязей, технологические процессы имеют гибкую организацию, позволяющую выполнять различные технологические маршруты.

Новое производство позволит изготавливать изделия специальной микроэлектроники необходимых технологических групп в полном спектре стойкости к внешним воздействиям. Кроме того, производство будет отвечать самым современным мировым стандартам в области разработки и производства БИС.


В настоящий момент на мировом рынке существует всего несколько компаний, владеющих подобным многопрофильным и многотехнологичным производством. Мировой лидер в этой области — корпорация Peregrine Semiconductor (Сан-Диего, шт. Калифорния) выпускает изделия уровня 0,25 мкм на пластинах диаметром 150 мм.

В рамках технической реализации проекта «Ангстрем-плюс» чистые помещения и вся необходимая инфраструктура будут построены к осени 2011 г. Это позволит уже в начале 2012 г. запустить базовые процессы на новом производстве. Его мощность составит 4000 пластин диаметром 200 мм/мес. На производстве будут использоваться преимущественно отечественные технологические материалы. Предприятия Роскосмоса уже ориентируются на этот проект и рассчитывают с помощью ОАО «Ангстрем» удовлетворить свои потребности в современных РС БИС.

Государство полностью поддерживает проект «Ангстрем-плюс», обеспечивая его финансирование в 2011–2012 гг. в рамках Федеральной целевой программы «Развитие ЭКБ и радиоэлектроники». По 50% стоимости проекта вкладывают акционеры «Ангстрема» и государство в лице холдинга «Росэлектроника» (входит в госкорпорацию «Ростехнологии») через дополнительную эмиссию акций предприятия.

В условиях наметившегося подъёма в российской космической отрасли, атомной промышленности, энергетике и других отраслях, испытывающих потребность в элементной базе, устойчивой к жёстким внешним воздействиям, «Ангстрем» готов поддержать их развитие

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

www.SMD.ru

электронные КОМПОНЕНТЫ
**для ПОВЕРХНОСТНОГО
 МОНТАЖА**

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- литвиная перезаряжаемая микробатарея
- переключатель вращения на 10 положений



Москва, ул. Балтийская, 13; e-mail: sale@smd.ru
 Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

самой современной отечественной специальной микроэлектроникой.

Актуальность восстановления в России производства и разработки современных РС БИС обусловлена, в первую очередь, соображениями национальной безопасности. Россия обязана развивать собственную специальную микроэлектронику, и ОАО «Ангстрем» принимает в решении этой задачи самое активное участие.

Реализация проекта «Ангстрем-плюс» удовлетворит текущую потребность страны в специальной микроэлектронике и обеспечит на десятки лет создание отечественных стратегически значимых систем, способствуя повышению технологической безопасности РФ.

Занимая сегодня более 90% российского рынка РС БИС, ОАО «Ангстрем» обеспечивает его качественной радиационноустойчивой микроэлектроникой, соответствующей требованиям ТЗ при проектировании и ТУ при производстве.

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

| ЧТО ЛУЧШЕ: БЫСТРЕЕ ВЫВЕСТИ ПРОДУКЦИЮ НА РЫНОК ИЛИ СДЕЛАТЬ ЕЕ КАЧЕСТВЕННОЙ? | Существуют две основных точки зрения, как лучше выпускать новую продукцию, особенно если ее программное обеспечение обновляется пользователем. Первая точка зрения основана на убеждении в том, что цикл разработки следует пройти как можно быстрее, успев выпустить продукцию до того, как это сделают конкуренты. Такой подход подразумевает выпуск изделий, программное обеспечение которых содержит ошибки. Предполагается, что со временем команда программистов выпустит исправление ПО, а пользователь обновит его до более совершенной версии. При этом подразумевается, что обновление будет выполнено еще до того, как изделия впервые воспользуются.

Второй подход предполагает выпуск качественной продукции, которая будет исправно работать сразу же после извлечения ее из заводской упаковки. При этом не предполагается выпуска корректирующей «заплатки» или усовершенствования имеющихся функций.

Аргументом в пользу максимально быстрого вывода изделия на рынок является возможность оперативного удовлетворения рыночного спроса. В этом случае разработчики имеют несколько месяцев на то, чтобы довести изделие до ума.

Аргументом в пользу выпуска высококачественной продукции в ущерб быстрому выводу ее на рынок является сообщение о том, что пользователь хорошо разбирается в возможностях приобретаемого изделия. В таком случае выпущенный на скорую руку продукт, скорее всего, разочарует потребителя, и потому качество изделия ставится во главу угла. Характерно, что у обеих стратегий огромное число приверженцев.

www.elcomdesign.ru

| ПАМЯТЬ RERAM НА ТРИЛЛИОН ЦИКЛОВ | Инженеры Samsung заявили о создании прототипа энергонезависимой резистивной RAM-памяти. Прототипы памяти ReRAM отличаются от существующих аналогов долговечностью и производительностью. Так, например, количество циклов чтения и записи новой памяти превышает 1 трлн.

Пассивная коммутационная память ReRAM создана на основе асимметричной двухслойной структуры оксида тантала Ta₂O₅-x/TaO₂-x. Время переключения ячеек памяти между разными состояниями составляет 10 нс. У современной флэш-памяти этот показатель равен 0,1 мс. Размеры ячеек полученных прототипов напоминающих устройств типа металл-диэлектрик-металл с платиновыми электродами находятся в диапазоне 50x50 нм...30x30 нм. Исследователи создали также образцы с двухуровневыми ячейками ReRAM, линейные размеры которых составляют около 90 нм, а также массивы 10x10 ячеек размерами 30x30 нм. Благодаря тому что энергия активации памяти составляет 1,47 эВ, срок хранения данных превышает 10 лет при 85°C.

Исследователи заявляют, что им удалось снизить энергопотребление нового запоминающего устройства по сравнению с другими разработками в этой памяти. Высокая долговечность и быстрая коммутация позволяют использовать ReRAM в качестве замены флэш-памяти.

www.elcomdesign.ru