

УДК 537.2:621.396.6

Методы защиты от электростатических разрядов при производстве аппаратуры с использованием высокоинтегрированной элементной базы

С.А. Иванов

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные виды повреждений высокоинтегрированной элементной базы, возникающие при воздействии на электронную аппаратуру электростатического разряда. Также изложены комплексные мероприятия по предотвращению повреждений электронной аппаратуры электростатическим разрядом в течение всего цикла производства, транспортировки, установки и эксплуатации.

Ключевые слова

Электростатический разряд; высокоинтегрированная элементная база; антистатика; диэлектрические материалы; защитная зона; ионизация воздуха.

Введение

В разработках аэрокосмического приборостроения все большее применение находят высокоинтегрированные изделия электронной техники. Также имеют место ускоряющиеся темпы интеграции элементной базы, в большой степени восприимчивой к электростатическим разрядам (ЭСР). Микроминиатюризация современных электронных устройств обуславливает существенное уменьшение размеров полупроводниковых структур, в результате чего становятся меньше ширина переходов, толщина оксидной изоляции, размеры контактов, вызванные увеличением плотности монтажа, и т.п. Все это существенно снижает стойкость устройств к перенапряжению и вызывает дополнительные трудности защиты от ЭСР при их проектировании и изготовлении. Это вынуждает вникать в механизм воздействия ЭСР на электронную аппаратуру, методы и средства ее защиты на стадиях схемотехнического и конструкторского проектирования, а также на этапах изготовления,

транспортировки, монтажа на объекте и при эксплуатации. Опасность воздействия электростатических зарядов существует на всем жизненном цикле электронных средств.

Широкое применение в разработках отрасли высокоинтегрированной элементной базы во многих случаях не дает должного экономического и технического эффекта из-за недостаточной надежности элементной базы, вызванной отказами в результате деградации их параметров от воздействия ЭСР и электромагнитных помех на этапах производства и эксплуатации. До 80% отказов элементной базы в производстве, классифицируемых как превышение режима, и 50% в эксплуатации бывает обусловлено электрическими перенапряжениями. Однако могут проявляться не только отказы в процессе производства, которые ведут к необходимости замены вышедшего из строя элемента, но и скрытые повреждения, следствием которых нарушения функционирования в процессе эксплуатации. [1]

Можно отметить много фактов, которые находят объяснение в воздействии электростатического разряда на электронную аппаратуру. Например, повреждения полевых транзисторов и микросхем на их основе приводят в конечном итоге к серьезным отрицательным последствиям. Проблема усугубляется спецификой разрабатываемой отраслью аппаратуры, к которой предъявляются повышенные требования к качеству и срокам службы.

Примерами повреждения полупроводниковых структур могут служить эффекты термического вторичного пробоя и расплавления металлизации и проводников.

Хотя энергия электростатического разряда и его длительность относительно малы, его локальное действие может приводить к существенному термическому повреждению. Если теплоты достаточно, то это может привести к расплавлению металлизации, ее замыканию или разрыву, что, в свою очередь, может привести к лавинному пробоя. Внутри полупроводниковой структуры это часто приводит к замыканию перехода эмиттер-база, поскольку переход имеет очень малые размеры.

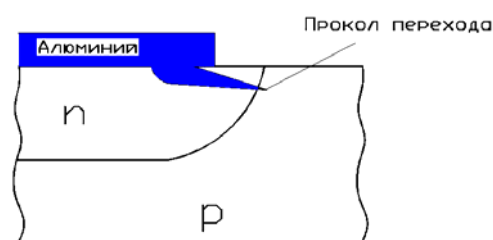


Рис. 1 Пример повреждения перехода при расплавлении металлизации

Для коротких импульсов одним из типичных дефектов является прокол перехода за счет расплавления металлизации (рис. 1), разрыв электрического соединения на кристалле (рис. 2) или проводника, соединяющего кристалл с выводом микросхемы внутри корпуса (рис. 3). [1]

Эти дефекты могут быть обнаружены рентгеновской или оптической инспекцией в виде:

- застывшей в форме шарика металлизации поврежденного соединения;
- «футляра» из карбонизированной смолы или раковины;
- обрыва проводника или нарушения металлизации.

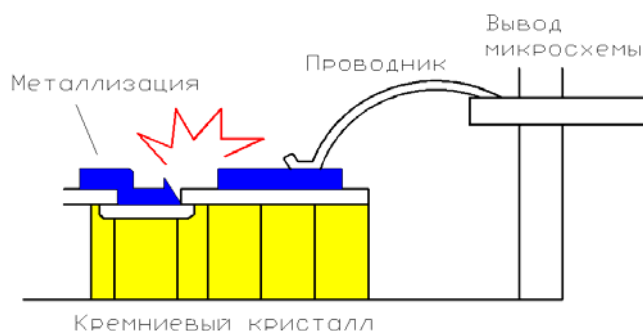


Рис. 2 Расплавление металлизации на кристалле

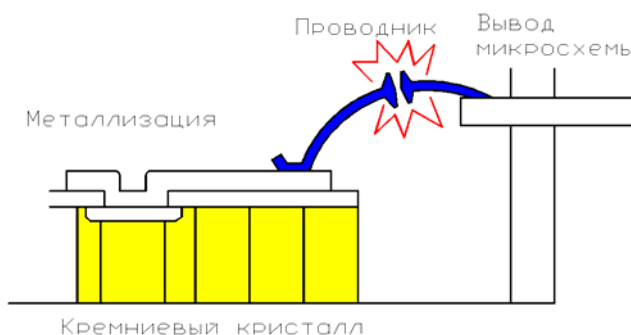


Рис. 3 Перегорание проводника, соединяющего кристалл с выводом

Контроль над электростатической безопасностью в настоящее время является фундаментальной частью любой деятельности в области изготовления, монтажа, инсталляции и обслуживания изделий электронной техники. Понимание опасностей, связанных с воздействием импульсных перенапряжений (в частности от ЭСР), и знание методов защиты от них становятся актуальными для большого числа специалистов, работающих в области электроники.

На всех этапах следует минимизировать вероятность появления электростатических зарядов. Эта задача решается с помощью комплексной программы контроля защиты от электростатических разрядов.

Программа контроля защиты от электростатических разрядов состоит из административных, затрагивающих организационные аспекты, и технических, касающихся средств защиты от ЭСР, элементов. Предприятия с внедренной программой контроля антистатической безопасности должны использовать не только оборудование антистатической защиты, технологии и материалы, предусматривающие соблюдение защитных мер от воздействия статического электричества на протяжении всего производственного цикла, но и целый комплекс административных мероприятий, в том числе это разработка разного рода стандартов предприятия, внутренних инструкций, журналов периодических проверок. [2]

Человек является основной причиной статического заряда в рабочей зоне, поэтому индивидуальные средства защиты являются ключевым пунктом любой антистатической программы. Считается, что около 70% повреждений электронных компонентов статическим электричеством вызваны ненадежным заземлением персонала. Для обеспечения ЭСР-безопасности на рабочем месте и в производственных помещениях следует соблюдать три базовых правила:

1. Использовать только антистатические материалы и инструмент.
2. Обеспечить надежное заземление всех «заземляемых» объектов, с которых принципиально может стекать заряд через проводники.
3. Удалить по возможности из рабочей зоны все диэлектрики (материалы, имеющие поверхностное сопротивление более 100 ГОм), заземление которых через проводник для стекания заряда невозможно. При вынужденном присутствии таких объектов в рабочей зоне применяется локальная ионизация воздуха. [3]

Необходимо оборудование защитных зон электроники – специально защищенных рабочих зон, где работа ведется с использованием электронных узлов, чувствительных к воздействию ЭСР. В ней комплексно используются меры по обеспечению требуемой электростатической обстановки, а также ряд других мероприятий по обеспечению необходимых параметров внешней окружающей среды.

Широкое применение антистатических материалов, заземление браслетов, матов, покрывающих рабочие поверхности и пол, применение антистатической тары, соответствующей мебели и одежды обеспечивают минимальную вероятность возникновения ЭСР в защитной зоне.

При работе в защищенной зоне необходимо неукоснительное выполнение следующих требований:

- вход в зону разрешен только в специальной антистатической одежде и обуви;
- к работе в зонах допускается только специально обученный персонал, прошедший подробный инструктаж;
- чувствительные к воздействию ЭСР элементы могут быть вынесены из зоны защиты лишь в надежной антистатической упаковке или соответствующей транспортной таре;
- в зоне могут применяться только те инструменты, приборы и оборудование, которые не создают возможности образования ЭСР. [2]

Для всех этапов цикла изготовления и эксплуатации изделия прослеживаются общие принципиальные технологические решения защиты от электростатических разрядов, такие как: устранение разности потенциалов на обрабатываемых материалах, использование специальной антистатической тары для хранения и транспортировки, применение средств снятия статического электричества с тела работника и индивидуальная антистатическая защита, заземление оборудования и оснастки. Также важна антистатическая отделка помещений, повышение поверхностной проводимости материалов за счет увеличения влажности воздуха в помещении, нейтрализация зарядов с предметов путем целенаправленной ионизации.

Необходимо ограничить использование диэлектрических материалов в рабочей одежде и обуви персонала, рабочих поверхностях, а также конвейерах, тележках и их колесах, коробках, пакетах и упаковочном материале. Предпочтение следует отдавать материалам, подобным хлопку и коже, и исключать синтетические материалы.

Только комплексные организационные и технологические мероприятия в течение всего времени производства, транспортировки, установки и эксплуатации способны предотвратить повреждение электростатическим разрядом и выход из строя электронной аппаратуры.

Библиографический список

[1] Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2008. – 352 с.

[2] Международный стандарт IEC 61340: Электростатика. Основные требования по защите электронных модулей // IEC Central Office. Geneva. 2003

[3] Новоселов В. Антистатика. Организационный аспект // Производство Электроники: Технология, Оборудование, Материалы. 2005. №5

Сведения об авторах

Иванов Сергей Александрович; инженер-технолог, ОАО «НИИ Точных Приборов»,
sergey.ivanov@niitp.ru; iserzh@gmail.com, (495) 404-62-10, (916)147-23-04.