ESD-контроль:
методы обеспечения защиты изделий от электростатического воздействия
на предприятиях радиоэлектронной промышленности

Разработка производственных площадей EPA и надлежащих систем представляет собой одну из важнейших фаз обеспечения защиты от явлений ESD. Использование соответствующих материалов, применяемых как в критических условиях, так и в течение длительного времени, должно гарантировать эффективность систем защиты, сохраняя свои свойства на протяжении всего периода эксплуатации.

Людмила Чуйкова

lchuikova@sovtest.ru

Рис. 1. Действие ESD

Воздействие электростатического разряда

Выбор материалов и оборудования для помещений, защищенных от воздействия ESD в электронной промышленности, — очень важный аспект, и в этой связи требования современных отечественных и зарубежных стандартов помогут как производителям, так и, прежде всего, пользователям изделий, чувствительных к электростатическим разрядам.

Новые процессы производства и оборудование таят в себе дополнительный высокий ESD-риск. Ведь действие ESD по силе и интенсивности можно сравнить, например, с ударом молнии (рис. 1), а разряд напряжением 300 В разрушителен для микросхемы.

Еще несколько лет назад производители интегральных микросхем и поставщики корпусов могли контролировать выход из строя компонентов вследствие ESD-повреждения. Но с появлением бескорпусных микросхем на печатных платах частота выхода компонентов из строя повысилась, увеличилось количество неисправностей в сфере выпуска PCB, при поверхностном монтаже, и неисправности, вызванные ESD, нередко путают с механическими повреждениями из-за их внешней схожести (рис. 2, 3).

Причина такова: новые технологии привели к уменьшению толщины изоляционного слоя, что и вызвало

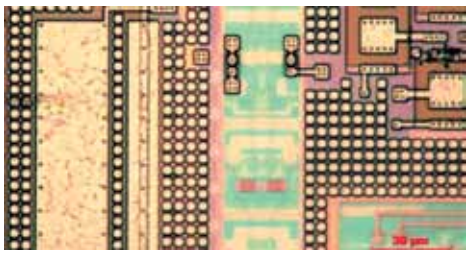


Рис. 2. Типичное ESD FOS-повреждение

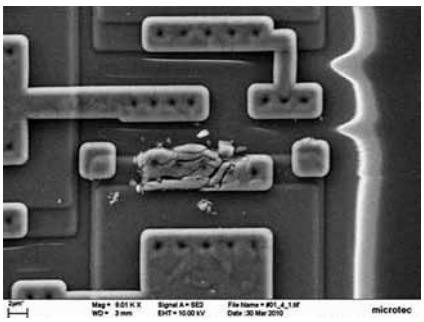


Рис. 3. Данное повреждение часто квалифицируется как механическое

увеличение процента ESD-повреждений, которые при визуальном осмотре классифицируются как механические повреждения.

Выяснение достоверных обстоятельств подобных частых сбоев требует проведения точного и скрупулезного анализа, результаты которого дадут организации возможность рассмотреть вопрос о жестком соблюдении ESD-контроля и об оснащении производства необходимыми средствами защиты. Для правильного выбора и подтверждения той или иной причины возникновения повреждения широко используется методика для локального анализа поперечного среза СИП (сфокусированный ионный пучок) (рис. 4).

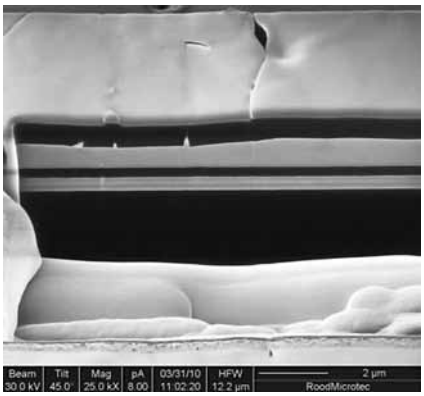


Рис. 4. ESD-повреждение, определенное при помощи СИП — поперечного среза (для данного повреждения типичны острые металлические шипы (дендриты), которые в дальнейшем становятся причиной возникновения коротких замыканий)

Нельзя не отметить, что другой важной причиной появления повреждений является большая скорость оборудования (высокая производительная способность), ведь обычно контроль заземления оборудования проводится в основном в статическом состоянии, а не во время работы оборудования с максимальной скоростью (рис. 5).

Рис. 5. Высокопроизводительное оборудование

Исходя из этого, современное производство должно предъявлять требования полной защиты от ESD FOS при высокой скорости производства.

При помощи оценки ESD/ESD FOS можно определить вероятный риск во всех сферах производства и используемого оборудования. Кроме того, на производственном участке необходимо установить, соответствует ли заземление действующего оборудования и материалов требованиям технологического процесса. Если нет, то следует соответствующим образом изменить заземление, заменить материал или использовать ионизаторы.

Следует заметить, что полупроводниковая индустрия уже предприняла шаги по улучшению схемы защиты от электростатического разряда до 1 кВ.

Понятие критерия эквипотенциальности

Накопление статического заряда — очень серьезная проблема не только в электронной, но и в других отраслях промышленности, поскольку современные электронные устройства демонстрируют чрезвычайно сильную подверженность повреждению под действием статических разрядов. Такое накопление можно подавлять, увеличивая электропроводность материала, поэтому общепринятыми показателями эффективности антистатиков являются скорость спадания величины статического заряда и поверхностная проводимость. Надо отметить, что большинство современных антистатиков обладают рассеивающей способностью статического заряда по мере его накопления. Одна из задач для исключения повреждения от электростатического разряда (ЭСР) на предприятиях — необходимость устранения разности потенциалов между чувствительными к ЭСР элементами и другими проводниками, то есть все проводящие и рассеивающие элементы должны соединяться с «землей» или между собой, образуя эквипотенциальное соединение. Поверхность проводника в электростатике (электростатическом поле) является эквипотенциальной.

Классификация изделия (сертификация) и ESD-аудит

Требования к материалам для защиты от ESD в среде, где совершаются действия с компонентами, платами и электронными сборками, действительно накладывают много ограничений. Следует всегда помнить, что всем известные средства защиты ESD, такие как токопроводящий пол, токоотводящая одежда и обувь, сегодня уже недостаточны!

Поэтому на предприятиях радиоэлектронной промышленности (рис. 6) необходимо создать программу ESD-контроля, ввести классификацию изделия (сертификацию), провести ESD-аудит и постоянно контролировать и поддерживать соответствие стандартам по ESD-защите.

Рис. 6. Предприятие радиоэлектронной промышленности

В свою очередь сертификация должна производиться в точности с установленными методами испытаний, утвержденными стандартами по защите от явлений ESD.

Сегодня предлагаются различные материалы для ESD-защиты, но, оказывается, не все из них могут использоваться в электронных процессах.

Возьмем некоторые процессы мониторинга и попробуем разобраться вместе.

Контроль соответствия стандарту (поддержание соответствия)

Самые дорогостоящие решения могут быть неэффективными без соответствующего мониторинга. Для электронного производства примером является мониторинг элементов EPA (табл. 1) и инспекционные проверки (табл. 2).

Таблица 1. Пример мониторинга EPA

Элемент	Периодичность контроля	Ответственный
Антистатические браслеты	ежедневно	пользователь
Обувь	ежедневно	пользователь
Параметры окружающей среды	ежедневно	отдел качества
Рабочие поверхности	ежемесячно	отдел качества
Ионизаторы	ежемесячно	отдел качества

Таблица 2. Пример инспекционной проверки EPA

Элемент	Периодичность контроля	Ответственный
Внутренний контроль	1 раз в три месяца	отдел качества
Независимый аудит	ежегодный/ полугодовой	координатор ESD

Для проведения мониторинга имеются коммерческие устройства, позволяющие выполнять периодические проверки эффективности системы защиты по методам, которые должны быть отражены в локальных программах ESD. Для уменьшения воздействия человеческого фактора могут применяться системы постоянного мониторинга, способные информировать пользователя при помощи звуковых и визуальных сигналов о возможных проблемах с заземлением.

Рис. 7. Антистатическая обувь

Таблица 3. Типы кондиционирования образцов и условия испытаний. Стандарт CEI EN 61340-4-3

Класс среды для предварительного кондиционирования и измерения	Предварительное кондиционирование	Кондиционирование	Измерение
Класс 1: для процессов при 12% относительной влажности RH	(96+10) ч (+40 ±3) °C <15%RH	(96+10) ч (+23 ±2) °C (12 ±3)% RH	– (+23 ±2) °C (12 ±3)% RH
Класс 2: для процессов при 25% относительной влажности RH	–	(96+10) ч (+23 ±2) °C (25 ±3)% RH	– (+23 ±2) °C (25 ±3)% RH
Класс 3: для процессов при 50% относительной влажности RH	–	48+5 ч (+23 ±2) °C (50 ±5)% RH	– (+23 ±2) °C (50 ±5)% RH

Примечания. Период кондиционирования, указанный в таблице 1, необязательно должен быть достаточным для приведения состояния образцов в соответствие с окружающей средой. Таким образом, достигается компромисс между стоимостью испытаний и их точностью. Предпочтительно оценивать характеристики в приблизительном соответствии и затем проводить серию измерений в диапазоне периодов кондиционирования.

Стандарты по защите от электростатических явлений IEC 61340-5-1 и ГОСТ Р 53734.5.1.-2009 определяют предельные значения, и методы испытаний изделий, предназначенных для защиты от ESD, указывают, что при работе с чувствительными к ESD изделиями персонал должен иметь заземление или эквипотенциальное соединение в соответствии с технологическими требованиями.

Перемещение человека в рабочей зоне является основной причиной формирования электростатического заряда, который приводит к напряжению человеческого тела, равному нескольким тысячам вольт.

Например, существует три типа обуви ESD (рис. 7), которая должна пройти квалификационную проверку изделия и использоваться для защиты от явлений ESD в соответствии со стандартом CEI EN 61340-4-3 (табл. 3).

Из таблицы 3 следует, что фактически обувь ESD 1-го класса предназначена для защиты в электронной среде, так как только обувь этого класса может гарантировать значение 100HBV в условиях предельной относительной влажности, как указано в действующих стандартах, которые применяются в качестве основной системы для заземления персонала и напольного покрытия ESD.

Согласно требованиям стандартов, при использовании системы «напольное покрытие – обувь» необходимо соблюдать следующие условия:

1. Общее сопротивление системы (от сотрудника через обувь и покрытие к заземляющему оборудованию) должно быть не менее $3{,}5\times10^7$ Ом.
2. Максимальное создаваемое телом допустимое напряжение должно быть не менее 100 В, общее сопротивление системы должно быть не менее 10^9 Ом.

При разработке общей программы управления электростатическими разрядами (ЭСР-управление) на предприятии необходимо сформировать план проверки, который должен содержать указания по оценке соответствия установленным пределам антистатической защиты.

Возможные для использования элементы ЭСР-управления даны в таблице 4. Стоит обратить внимание, что некоторые технические элементы таблицы не имеют нижнего предела сопротивления и необходимо учитывать, что данное значение должно устанавливаться по безопасности. В этом случае необходимо принимать во внимание соответствующие требования действующих стандартов по защите от электростатических явлений.

Стандарты по защите от электростатических явлений оговаривают опасность применения диэлектриков, а при необходимости их использования рекомендуют следующие максимальные значения:

- электростатическое поле в месте, где используются чувствительные к ЭСР компоненты, не должно превышать 10 000 В/м;
- если электростатический потенциал, измеряемый на поверхности изоляторов, необходимых для работы, превышает 2000 В, то их размещают на расстоянии минимум 30 см от чувствительных к ЭСР компонентов.

Стандарты устанавливают максимальные значения ESD-напряжения и электростатического поля в производственной зоне EPA, где присутствуют ESD-незащищенные компоненты. Данные параметры определены для того, чтобы правильно использовать изоляционные материалы (рис. 8) техпроцесса (таких изделий, как колодки, разъемы, ленты, этикетки и т. п.), которые в случае превышения определенных норм климата должны обрабатываться

Таблица 4. Допустимые пределы, установленные стандартами и интегрированные с требованиями пользователя

Система контроля ESD (МЭК 61340-5-1 и ГОСТ Р 53734.5.1.-2009)	Система защиты	Требуемый предел RT-RS (12% UR для сертификации)	Метод испытания
Пассивные системы	Эквипотенциальное соединение	<10^9 Ом	МЭК 61340-5-1
Заземление персонала	Системы заземления	<10^9 Ом >10^4 Ом	МЭК 61340-5-1
	Сидячий персонал	<$3{,}5\times10^7$ Ом	МЭК 61340-5-1
	Сидячий персонал (в перчатках)	<$3{,}5\times10^7$ Ом (пользователь)	МЭК 61340-5-1
	Мобильный персонал	<$3{,}5\times10^7$ Ом	МЭК 61340-4-5
	Пол — система человек-обувь	<$3{,}5\times10^7$ Ом <10^9 Ом <100 В HBV	МЭК 61340-4-5
Защищенная зона	Рабочие поверхности, стеллажи хранения, шкафы-тележки	>10^4 Ом (пользователь) <10^9 Ом	МЭК 61340-2-3 (9)
	Антистатические, кордные браслеты	<10^6 Ом (или значение пользователя)	ANSI/ESD S1.1
	Обувь	<10^8 Ом	МЭК 61340-4-3
	Пол	<10^9 Ом	МЭК 61340-4-1 (10)
	Контроль влажности (опция)	>30%	Local Program
	Одежда заземляемая	<10^9 Ом	МЭК 61340-4-9 (12)
	ESD-халаты (одежда)	<10^{12} Ом	МЭК 61340-4-9 (12)
	Стулья	<10^{10} Ом	МЭК 61340-2-3 (9)
	Ионизация	<50 В напряжение смещения <20 В ослабление (–1000 –100 В в 20 с)	МЭК 61340-4-7 (11)
	Инструменты-приборы	<10^9 Ом (пользователь) ><10^7 Ом (пользователь)	МЭК 61340-5-1
	Бахилы	<10^7 Ом	МЭК 61340-5-1
Упаковка	Статически рассеивающий	>10^5 Ом <10^{11} Ом	МЭК 61340-2-3 (9)
	Проводник	<10^2 Ом <10^5 Ом	МЭК 61340-2-3 (9)
	Диэлектрик	<10^{11} Ом	МЭК 61340-2-3 (9)
	Экранирующий разряд (пакеты)	<50 нДж	МЭК 61340-4-8 (13)

Рис. 8. Антистатические перчатки

Рис. 9. Промышленный ионизатор

при помощи систем активной защиты — ионизаторов (рис. 9).

Выбор систем защиты и материалов, используемых в EPA, имеет очень высокую важность. Поэтому необходимо выбрать максимально эффективное решение (путем сертификации «Классификация изделия» и ESD-аудита), прежде всего, способное обеспечить стабильную защиту на протяжении длительного времени (проверяется ответственным за ESD).

Следует отметить, что не всегда специалисты предприятия имеют соответствующее оборудование (рис. 10) и могут правильно оценить параметры окружающей среды, которые являются определяющим фактором для выбора материалов и изделий, а также не обладают достаточной подготовкой для проведения сертификационных испытаний и ESD-аудита. В данном вопросе помогут сертифицированные IPC-тренеры (инженеры) по ESD-аудиту.

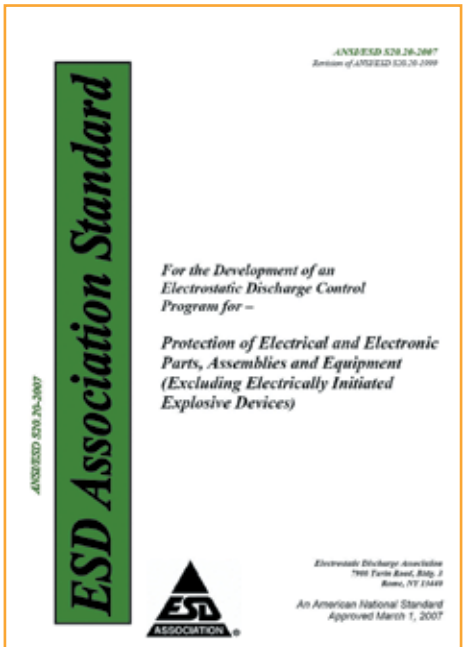
Прежде всего, это высококвалифицированные специалисты компании, прошедшие обучение и получившие международные сертификаты IPC на право проведения ESD-аудита. Они помогут создать безопасные условия работы на предприятии.

Сертифицированные IPC-тренеры (инженеры) по ESD-аудиту проводят внешний независимый ESD-аудит на соответствие стандартам электростатики для оценки эффективности и корректировки программы ESD-контроля на предприятии (рис. 11).

На сегодня компания «Совтест» обладает всеми необходимыми ресурсами для проведения ESD-аудита, начиная с полного оснащения современным тестовым оборудованием до опытных профессионалов, в совершенстве владеющих методикой измерения. Наши специалисты гарантируют высокий уровень компетентности, подтвержденный международными сертификатами IPC. Более того, все производственные помещения компании полностью оснащены антистатическим оборудованием, что говорит об успешном применении инновационных разработок в собственной деятельности. Также, помимо собственного производства, на счету «Совтест» успешное внедрение ESD-оборудованиях на многих российских предприятиях, например ФГУП ПО «Октябрь».

Следует знать, что успешное прохождение сертификационных испытаний и ESD-аудита дает предприятию очевидное преимущество перед другими компаниями, работающими в данной отрасли. Кроме того, это помогает

Рис. 10. Пример, демонстрирующий значение напряжения ESD в зоне EPA


ESD Association Standard

ANSI/ESD S20.20-2007

For the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for –

Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)

An American National Standard
Approved March 1, 2007

Рис. 11. Программа ESD-контроля на предприятии

оптимизировать ресурсы предприятия, направленные на ESD-оснащение, и оценить эффективность инвестиций.

Литература

1. IEC 61340-5-1:2007 «Electostatics-Part5-1: Protection of electronic devices from electrostatics phenomena — General requirements».
2. IEC 61340-5-2-2007 «Electostatics-Part5-2: Protection of electronic devices from electrostatics phenomena — User Guides».
3. ГОСТ Р 53734.5.1-2009 «Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования» («Protection of electronic devices from electrostatics phenomena. General requirements»).
4. ГОСТ Р 53734.5.2-2009 «Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Руководство по применению» («Protection of electronic devices from electrostatics phenomena. User Guides»).
5. ESD-Richtlinien unzureichend — kleinere Strukturen und neue Verarbeitungsmethoden fordern andere Schutzmaßnahmen Von Uwe Thiemann, RoodMicrotec Stuttgart GmbH, Stuttgart.
6. Oleari S., Parola M., Reina G. A. Caratterizzazione di materiali e prodotti ESD // PCB magazine. 2009. № 9.

Реклама