

Одна маленькая, но гордая птичка... Человеческий фактор В антистатике

В завершающей статье цикла затрагиваются организационные аспекты комплексной задачи антистатической защиты. Человек — критическое звено каждой системы защиты: его некомпетентное или халатное отношение к делу может свести на нет любые инвестиции в техническое оснащение рабочего места. Усилия, затраченные на обучение персонала базовым понятиям ESD и нормам поведения, принесут ощутимую отдачу через повышение культуры и эффективности производства. В конечном счете она выражается звонкой монетой, получаемой за счет уменьшения производственного брака — как оперативно выявляемого контролером, так и до поры скрытого в лабиринтах полупроводникового кристалла, поврежденного электростатическим разрядом.

Виктор Новоселов

w ww .eurostar.r u

Престегиваться ремнем безопасности в автомобиле любят далеко не все, хотя мало кто отрицает его пользу в случае аварии. Та же ситуация с антистатическим оснащением: без наручного браслета, «приковывающего» к столу, мы чувствуем себя комфортнее не только в плане подвижности тела, но даже свободы мысли! Такова уж природа человека — особенно той его разновидности, у которой категорически неистребима надежда на авось. Как минимизировать влияние свободолюбия на технологический процесс? Культура производства не возникает ниоткуда, но способна уйти в никуда, если отношение к ней не является приоритетным слагаемым политики предприятия. Просветительская работа с персоналом, ежедневный мониторинг и периодический аудит призваны вместе решать эту непростую задачу. Предлагаемый обзор по материалам зарубежных источников может помочь отечественным предприятиям на начальном этапе формирования их комплексной ESD-программы. Определяющим документом в Европе и США по данному направлению считается международный стандарт IEC61340-5-1, в России над ним доминируют отраслевые стандарты. Никаких ссылок на последние, равно как никакого заимствования из последних статья не содержит и потому не нарушает авторских прав их обладателей.

Кто виноват

Ответственность за соблюдение норм IEC61340-5-1 как слагаемого системы контроля качества ISO9000 лежит на высшем руководстве предприятия. Приказом руководителя назначается ESD-координатор, проводящий в жизнь комплекс работ по антистати-

ческой защите и напрямую подотчетный высшему руководству. В функции ESD-координатора входит:

- обеспечение персонала необходимой информацией об ESD-программе конкретного предприятия и применяемых положениях стандарта IEC61340-5-1;
- определение перечня необходимых технических средств ESD-оснащения;
- определение зон на предприятии, подлежащих антистатической защите;
- обучение персонала, контроль соответствия знаний и навыков по линии ESD;
- проверка соответствия технических средств и процедур нормативам ESD;
- ведение регистрационных записей и отчетов по направлению ESD;
- принятие решений о методике и периодичности мониторинга и аудита.

Персонал предприятия, оперирующий с ESD-чувствительными компонентами, обязан неукоснительно знать и соблюдать правила обращения с ними, понимать свою ответственность и докладывать ESD-координатору о нарушениях функционирования технических средств или норм поведения в зоне антистатической защиты.

Что делать

Опыт зарубежных экспертов, изложенный в открытых докладах и методических публикациях по теме ESD, позволяет выделить как минимум семь факторов успешной реализации ESD-программы на предприятии.

1. Реалистичная постановка задачи. Техническое задание на построение системы ESD-защи-

ты на предприятии должно быть задокументировано и изложено понятным языком, ибо оно является основой для плана реализации, распределения обязанностей и материальных ресурсов.

2. **Эффективный план действий.** Любая, даже самая прогрессивная ESD-программа оснащения предприятия так и останется на бумаге, если не разработан конкретный план ее реализации, зафиксированный в письменном виде и согласованный с вовлеченными субъектами. На основе плана разрабатывается график работ с указанием поставщиков, субконтракторов и исполнителей — так чтобы руководитель предприятия реально представлял себе общую картину целей, приоритетов, задач, видов и объемов работ по направлению и мог периодически лично контролировать их выполнение.
3. **Политическая воля руководства.** Для практической реализации ESD-программы необходимо заручиться поддержкой на всех уровнях руководства крупной компании и непременно иметь убежденного сторонника в лице ее высшего руководителя. В противном случае не исключен саботаж со стороны тех, кому ESD-программа прибавит забот и «осложнит жизнь». Согласованная позитивная позиция руководителей всех звеньев должна быть обязательно представлена в наглядной форме коллективу предприятия и регулярно находить свое подтверждение в мероприятиях.
4. **Долгосрочность стратегии.** Проблему комплексной антистатической защиты невозможно решить наскоком. На начальной стадии (особенно в крупных компаниях) критически важным является выполнение совокупности работ по линии ESD высококвалифицированным персоналом на постоянной основе. Изучение технологии, выбор и установка оборудования, разработка методических указаний, документации и учебной программы — все это требует пристального внимания и немалых усилий. Дело осложняется тем, что большинству работников риски ESD кажутся абстрактными, а первый руководитель не всегда отдает приоритет финансированию ESD-программы.
5. **Обучение персонала** является одним из важнейших факторов ESD-программы и с лихвой оправдывает инвестиции, если проводится не «для галочки». На начальной стадии и в результате аудиторских проверок определяется, кого и чему необходимо обучать и как оценивать уровень знаний обучаемого персонала на соответствие его служебным функциям.
6. **Сильный аудит** должен базироваться на измерениях и формализованных процедурах. Аудитор должен быть компетентным и независимым специалистом, способным противостоять возможному прессингу со стороны заинтересованных лиц. Его задача — представить правдивый отчет о выявленной на предприятии ситуации. Разумеется, аудитор должен быть оснащен всеми необходимыми приборами, а также

владеть методикой измерений. В результате периодических инспекций выявляется причинно-следственная связь между мероприятиями ESD-программы предприятия и совершенством технологического процесса, определяющем качество продукции (выражаемое в количестве и содержании рекламаций, в затратах на ремонтные работы). Аудитором выявляются не только нарушения норм поведения персонала, но и несовершенство используемых технических средств — зачастую приобретенности снабженцев и немотивированности их на коллективный успех предприятия в ходе реализации ESD-программы. Простой пример: если используемый антистатический браслет создает явный дискомфорт у монтажника, то с большой вероятностью он будет ослаблять этот браслет на руке, а значит, заземление окажется ненадежным. В такой ситуации адекватным решением является не ужесточение санкций по отношению к монтажнику, а замена модели браслета на более удобную, пусть даже более дорогую, ведь экономия нескольких долларов может обернуться убытками в сотню раз большими. Обобщая этот пример, можно утверждать, что реализация любых элементов ESD-программы без учета человеческого фактора

встретит отторжение в рабочей среде и будет обречена на неудачу. Именно поэтому важна просветительская деятельность ESD-координатора и пристальное внимание руководителя подразделения к контролю работы подчиненных с позиции соблюдения норм ESD. Понятно, что при этом и сам начальник должен быть по крайней мере не менее образованным в вопросах ESD, чем его подчиненные, а его личный пример должен служить образцом.

7. **Постоянное совершенствование** — ключевое условие и путь развития ESD-программы предприятия, ибо целью ее является снижение себестоимости продукции за счет улучшения технологического процесса и снижения брака. Последовательность реализации мер ESD-защиты соответствует приоритету выявленных ESD-рисков и уже на начальном этапе вполне может привести к существенному снижению процента брака. Однако первые успехи предприятия на этом пути не должны приводить к стагнации на достигнутом уровне, ибо философия ESD-программы — это постоянное движение к лучшему, а не достижение какой-либо частной цели.

Обратимся сейчас к пунктам 5 (обучение) и 6 (аудит) в общеметодическом плане, без ориентации на специфику конкретного предприятия.



Кого и чему обучать

Американский стандарт *ANSI/ESD S20.20 ESD Control Program* позиционирует обучение персонала как главное административное требование к ESD-программе. Работник должен осознать опасность проявлений статического электричества на рабочем месте (желательно с демонстрацией показаний приборов) и усвоить правила поведения в ESD-защищенной зоне. Подобно тому, как обучение основам пайки предшествует работе радиомонтажника, ознакомление с основами антистатической защиты должно предшествовать всякой работе персонала в ESD-защищенной зоне. Форма и содержание учебного курса — дело компании, однако можно привести несколько общих рекомендаций.

- учебный курс должен охватывать всех линейных работников и их прямых начальников, вовлеченных в процесс закупки, входного контроля, хранения, транспортировки, сборки, пайки, выходного контроля, упаковки и маркировки ESD-чувствительных компонентов и узлов, а также руководителей смежных подразделений, имеющих непосредственное отношение к технологическому процессу;
- учебный курс среднего уровня продолжительностью 2 часа должен быть достаточно «фундаментальным», то есть не только предписывать практические приемы защиты от статического электричества, но и доходчиво объяснять его физические основы слушателям любой квалификации, а также определять роль и место человека в рамках комплексной проблемы ESD;
- учебный курс должен сопровождаться содержательными печатными материалами (стандартами, методиками, статьями) и убедительными презентациями с привлечением интерактивных CD, видеоклипов, тестовых приборов;
- преподаватель должен иметь достаточную квалификацию, чтобы отвечать на любые вопросы слушателей учебного курса;
- прохождение учебного курса слушателями должно сопровождаться контролем усвоения материала и документальной регистрацией (сертификацией);
- временных посетителей ESD-зон следует предварительно информировать о том, что можно и чего нельзя делать в защищенной зоне; способ представления информации такого рода можно считать учебным курсом начального уровня;
- хорошо поставленный курс приносит пользу, удовлетворение и гордость как его разработчикам, так и слушателям.

Обучение персонала, конечно, не исключает полностью рисков ошибки на рабочем месте и в рабочей обстановке, однако снижает их вероятность настолько, что считается самой выгодной статьей инвестиций в ESD-программу предприятия. Более того, грамотные и мотивированные работники могут сами предложить меры по ее усовершенствованию!

Вопросы для самоконтроля

Ниже приведен фрагмент теста — вопроса среднего уровня. Попробуйте выбрать правильные ответы на десять вопросов без записки, с высоты своего образования.

1. Человеческое тело является: проводником/полупроводником/диэлектриком (изолятором).
2. Человек ощущает покалывание от разряда статического электричества, когда его напряжение равняется (грубо): 300 В/3000 В/30000 В.
3. Современные электронные компоненты нечувствительны к разрядам статического электричества напряжением до: 100 В/800 В/3000 В.
4. Электростатический заряд генерируется в результате: снижения влажности воздуха/повышения температуры/разъединения поверхностей объектов.
5. Заземление движущегося человека в ESD-зоне осуществляется: ионизацией воздуха в помещении/через обувь и проводящее покрытие пола/обими путями.
6. При отсутствии постоянного монитора заземления антистатический браслет со шнуром положено тестировать: ежедневно/еженедельно/ежемесячно.
7. При транспортировке чувствительных компонентов вне ESD-защищенной зоны необходимо обеспечить: заземление тары/защитную упаковку компонентов/ионизацию воздуха в помещении.
8. Предметы личного пользования (плеер, чайная кружка, семейное фото, и т. п.) в ESD-защищенной зоне: снабжаются специальной этикеткой/никак не выделяются/запрещаются.
9. Антистатический халат, служащий для экранирования заряда на нижней одежде оператора, должен быть застегнут: хотя бы на одну пуговицу/на все пуговицы.
10. Неудаляемые диэлектрические объекты в ESD-зоне подлежат: заземлению/обдуву ионизированным воздухом/регулярной влажной протирке.

Практический аудит

Внутрикорпоративный аудит регулярно осуществляется в подразделениях предприятия уполномоченным ESD-координатором. Внешний аудит выполняется независимым органом сертификации или вышестоящей организацией — собственником или заказчиком, заинтересованным в получении достоверной информации о реальном положении дел на предприятии. Аудит выявляет «узкие места» на предприятии, способствует превентивному решению возможных проблем, а также оперативному разрешению тех, что уже дали о себе знать. В итоге оптимизируются ресурсы предприятия, направленные на ESD-оснащение, и оценивается эффективность инвестиций. Обязательная документация результатов аудита является составляющей частью системы менеджмента ISO9000.

Согласно стандарту IEC-61340-5-1 аудиту подлежат следующие объекты и процедуры:

- разметка ESD-защищенной зоны;
- пол как звено системы заземления;
- поверхности мебели рабочего места и стеллажей для складирования;
- рабочая одежда, перчатки;
- рабочая обувь;
- индивидуальные средства заземления (браслет);
- ионизаторы;
- инструменты и приборы рабочего места;
- принадлежности рабочего места как элементы системы заземления;
- упаковка и транспортировочная тара;
- электростатические поля в рабочей зоне;
- поведение персонала на рабочем месте;
- содержание и формы обучения персонала;
- ESD-менеджмент и тестовые приборы;
- спецификации на закупку средств ESD-оснащения;
- регистрация документооборота по направлению ESD.

Тестовые приборы, используемые в процессе аудита, должны быть достаточно точными, однако к ним не предъявляются столь же высокие требования по точности, как к лабораторным исследовательским приборам. В минимальный «джентльменский комплект» аудитора входят широкодиапазонный мегаомметр с концентрическими электродами, измеритель напряженности статического поля, тестер средств заземления. Хорошо иметь также гигрометр, регистратор электрических разрядов и инструмент для оценки эффективности действия ионизаторов. Принципиальным условием является наличие у аудитора конкретных значений параметров, которые определены в качестве нормы, ибо при отсутствии таковых невозможно сделать заключение о соответствии или несоответствии результатов измерений нормам. В качестве эталонных рекомендуется использовать значения параметров и методики измерения, приведенные в приложениях к стандарту IEC61340-5-1.

Периодичность проверок и перечень инспектируемых объектов находится в компетенции ESD-координатора; один из типовых вариантов приведен ниже.

Ежедневные проверки: целостность (проводимость) и степень изношенности антистатических браслетов со шнуром и лодыжечных ремешков заземления на обуви, если таковые используются. Визуальный осмотр используемого инструмента, тары, местоположения и направленности воздушного потока ионизаторов. Необходимо удостовериться в отсутствии запрещенных предметов в пределах ESD-зоны.

Ежемесячные проверки: измерение электрических параметров системы заземления (элементов рабочего места, приборов) и производительности ионизаторов (ибо время нейтрализации заряда снижается в процессе загрязнения электродов).

Полугодовые проверки: локализация и измерение электростатических полей, проверка целостности знаков разметки зон ESD-защиты.

Ежегодные проверки: всесторонний аудит, предпочтительно внешний.

Ниже представлена заготовка типового вопросника, используемого при проведении ежегодного ESD-аудита. Ответы на вопросы количественного характера сопровождаются измерениями, результаты которых фиксируются в установленной форме и сопоставляются с допустимыми значениями. Ответы качественного характера (да/нет) тоже фиксируются в форме комплексного отчета (с комментариями аудитора, где необходимо).

1. Заземление и общие вопросы организации ESD-защищенных зон

- 1.1. Имеется ли на предприятии общая система заземления?
- 1.2. Соответствует ли покрытие пола требованиям антистатика в зонах движения персонала, работающего с чувствительными компонентами?
- 1.3. Соединено ли токопроводящее покрытие пола с общей системой заземления?
- 1.4. Корректно ли выбраны интервалы и места заземления покрытия пола?
- 1.5. В случае использования токопроводящего покрытия пола как звена первичного заземления персонала проверить наличие и степень износа специальной обуви, а также контактирования токопроводящих ножек антистатических стульев с покрытием пола.
- 1.6. При наличии токопроводящего покрытия пола: имеется ли тестер сопротивления обуви и используется ли он персоналом при вхождении в ESD-зону?
- 1.7. Соединены ли точки заземления всех рабочих мест с общей землей?
- 1.8. Надеются ли антистатические браслеты у работников в зоне ESD-защиты?
- 1.9. Производится ли персоналом регулярная проверка браслетов на тестер-стенде и каким образом регистрируются результаты проверки?
- 1.10. Если на рабочих местах используются постоянные мониторы заземления, то как часто они проверяются?
- 1.11. Как часто проводится проверка тестер-стендов для контроля сопротивления антистатических браслетов и обуви?
- 1.12. Подогнаны ли индивидуально по размеру каждого работника наручный браслет и ремешки заземления на ногах (если имеются)?
- 1.13. Добросовестно ли используются персоналом наручные браслеты и ремешки заземления на ногах?
- 1.14. Не используются ли одноразовые бахилы для чистых комнат многократно?
- 1.15. Облачены ли работники в антистатические халаты и все ли пуговицы халата застегнуты?
- 1.16. Правильно ли эксплуатируются иные предметы антистатической одежды?
- 1.17. Подключены ли цепи заземления прибором рабочего места к общей земле?
- 1.18. Не нарушаются ли границы ESD-защищенной зоны незаземленным персоналом извне?
- 1.19. Не располагается ли оборудование, генерирующее статический заряд, ближе 1 метра от границы ESD-защищенной зоны извне?



- 1.20. Имеется ли на рабочих столах антистатическое покрытие?
 - 1.21. При наличии настольного антистатического коврика обеспечено ли его заземление?
 - 1.22. Обозначены ли разъемы заземления на рабочих местах?
 - 1.23. Имеется ли у персонала инструкция по периодической чистке антистатических поверхностей рабочего места?
 - 1.24. Нет ли ненужных предметов личного пользования в ESD-защищенной зоне?
 - 1.25. Нет ли необязательных диэлектрических объектов (бытовых пластиковых пакетов, посуды и т. п.) в ESD-защищенной зоне?
 - 1.26. Используется ли ионизация в случаях вынужденного присутствия неудаляемых диэлектрических объектов в рабочей ESD-зоне?
 - 1.27. Правильно ли установлены ионизаторы и достаточна ли их производительность?
 - 1.28. Регулярно ли проверяются рабочие характеристики ионизаторов?
 - 1.29. Контролируется ли относительная влажность воздуха и составляет ли она не менее 40%?
- ### 2. Хранение и транспортировка материалов
- 2.1. Выполнены ли емкости для хранения из токопроводящего пластика?
 - 2.2. Заземлены ли емкости для хранения?
 - 2.3. Заземлен ли персонал, работающий с емкостями для хранения и транспортировочной тарой (контейнерами)?
 - 2.4. Выполнены ли колеса транспортировочных тележек из токопроводящего материала, надежно ли контактируют они с проводящим покрытием пола?
 - 2.5. Предохраняют ли транспортировочные контейнеры с крышкой от действия внешних полей?
 - 2.6. Предусмотрена ли возможность стекания заряда с контейнера через токопроводящий настольный коврик перед вскрытием контейнера после транспортировки?
 - 2.7. Корректно ли используются антистатические (рассеивающие) и защитные (экранирующие) упаковочные пакеты?

3. Организационные вопросы ESD-надзора

- 3.1. Назначено ли на предприятии конкретное лицо (группа лиц), ответственное за реализацию программы комплексного ESD-оснащения предприятия?
 - 3.2. Сформулированы ли конкретные показатели реализации программы?
 - 3.3. Разработана ли (исполняется ли) методика инспектирования системы ESD-защиты на предприятии и какие формы отчетности предусмотрены?
 - 3.4. Есть ли на предприятии должные измерительные приборы для проверок?
 - 3.5. Распространяются ли нормы ESD-защиты на посетителей предприятия?
 - 3.6. Имеется ли система надзора за соблюдением норм поведения в ESD-зонах?
 - 3.7. Предусмотрены ли меры взыскания по отношению к нарушителям ESD-дисциплины?
- ### 4. Обучение, сертификация
- 4.1. Все ли работники предприятия, имеющие отношение к работе с ESD-чувствительными компонентами, прошли курс обучения по теме?
 - 4.2. Ведется ли централизованная регистрация обучаемых работников, дат и содержания прослушанных курсов?
 - 4.3. Имеется ли на предприятии свой «стандартный» учебный курс ESD?
 - 4.4. Достаточно ли квалифицированы (сертифицированы) сами преподаватели?

Стремленная

Обратившись в заголовке статьи к тосту из фильма «Кавказская пленница», логично будет завершить статью в том же духе. Надо ли пояснять, что легкость изложения вопросов антистатика не должна провоцировать легковесное отношение к ним? Потребительский бум на средства антистатика в России свидетельствует о том, что производящие фирмы и ремонтники приступили к ESD-оснащению как необходимому условию сертификации и реальному пути снижения брака. Понятно, что изыскать финансовые ресурсы для полной ESD-экипировки одним махом сложно даже для состоятельных компаний — тем не менее, дорогу осилит идущий. И пусть наши желания наконец совпадут с нашими возможностями!