МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC TR 61340-5-5— 2022

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Защита электронных устройств от электростатических явлений

ТРЕБОВАНИЯ К УПАКОВКЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

(IEC TR 61340-5-5:2018, Electrostatics — Part 5-5: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — Packaging systems used in electronic manufacturing, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Диполь» (АО «НПФ Диполь») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 марта 2022 г. № 149-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 мая 2022 г. № 280-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC TR 61340-5-5—2022 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2022 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC TR 61340-5-5:2018 «Электростатика. Часть 5-5. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Требования к упаковке, применяемой в производстве электроники» («Electrostatics — Part 5-5: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — Packaging systems used in electronic manufacturing», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации IEC/TC 101 «Электростатика».

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2018
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022



В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения. 1
4 Назначение электростатической защитной упаковки 2
5 Типы упаковочных материалов 10
6 Существующие стандарты на упаковочные материалы 11
7 Существующие методы испытаний упаковочных материалов 12
8 Выбор упаковки 14
9 Соответствует ли система упаковки своему назначению? 15
10 Новые концепции методов испытаний и направления их развития 15
Приложение А (справочное) Формы упаковки и ее типы 22
Библиография 32

Введение

Упаковочные материалы, используемые в программе управления электростатической обстановкой на производстве (программе ЭСР-управления), часто выбираются на основании измеренного электрического сопротивления материала упаковки. Производители упаковочных материалов полагаются на стандартизованные методы испытаний, чтобы гарантировать, что поставляемые ими материалы соответствуют отраслевым требованиям. При этом упаковочные материалы обладают и другими характеристиками, которые часто трудно определить количественно, что приводит к непониманию между производителями упаковочного материала и конечными пользователями.

Распространение автоматизированного оборудования для производства электронной продукции привело к изменениям в конструкции и форме упаковочных материалов, используемых для упаковки электронных деталей и компонентов. В частности, очень маленькие компоненты, такие как резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа, упаковываются в катушки с ленточными носителями, так как предназначены для установки автоматическим способом. Для компонентов малых размеров требуются упаковочные материалы соответствующих размеров. Электрические свойства упаковочных материалов малых размеров невозможно оценить с помощью существующих методов испытаний, принятых в отрасли.

В электронной промышленности используется несколько типов упаковки, которые не обладают основными свойствами электростатической защиты, например, бумажная лента. В настоящем стандарте приведены лучшие современные примеры стандартных форм упаковочного материала. Описываются также другие формы упаковки для нечувствительных к электростатическому разряду компонентов, которые используются на участках, защищенных от электростатического разряда, и приводятся рекомендации по обращению с такими формами упаковки. Настоящий стандарт был подготовлен для обеспечения соответствия рекомендаций по электростатике и применению защитных мер запросам поставщиков и пользователей электронных компонентов малых размеров.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Защита электронных устройств от электростатических явлений

ТРЕБОВАНИЯ К УПАКОВКЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

Electrostatics. Protection of electronic devices from electrostatic phenomena.
Requirements to packaging used in electronic manufacturing

Дата введения — 2022—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит требования к упаковке для чувствительных и нечувствительных к электростатическим разрядам компонентов, которые могут быть установлены для таких типов упаковки, как несущая лента, лотки, пенальные носители (контейнеры для элементов продолговатой формы), рельсовые направляющие, и другим видам упаковки, используемым в процессах обработки и упаковывания компонентов, когда методы испытаний, описанные в других стандартах, неприменимы. Рассмотрены вопросы, связанные с возникновением электростатического заряда, электростатического притяжения и отталкивания. Рекомендации и объяснения, приведенные в настоящем стандарте, могут быть рекомендованы для других типов упаковки, свойства которых невозможно оценить другими способами.

В настоящем стандарте рассмотрены вопросы, связанные:

1) с техническими решениями по выбору упаковочного материала и создания системы упаковки;
2) техническими характеристиками упаковки для контроля электростатических явлений;
3) существующими методами испытаний и их ограничениями для упаковочных материалов;
4) рекомендациями по оцениванию свойств упаковки малых размеров;
5) общепринятыми производственными практиками.

2 Нормативные ссылки

Нормативные ссылки не используются в настоящем стандарте.

3 Термины и определения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

ИСО и МЭК поддерживают терминологическую базу данных, используемую в целях стандартизации по следующим адресам:

- электропедия МЭК: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1.1 **электростатическая защитная упаковка** (electrostatic protective packaging): Контейнеры и другая закрытая упаковка, обладающая свойствами и функциональностью для ограничения образования электростатического заряда, рассеивания электростатического заряда или ограничения электростатических полей внутри упаковки.

3.1.2 **контактная упаковка** (intimate packaging): Упаковочные материалы, которые имеют прямой контакт с чувствительными к электростатическому разряду компонентами.

Издание официальное

3.1.3 **бесконтактная упаковка** (proximity packaging): Упаковочные материалы или предметы, которые покрывают или окружают контактную упаковку.

3.1.4 **проводящий материал** (conductive material): Материал с поверхностными или объемными проводящими свойствами, характеризуемыми более низким электрическим сопротивлением, чем у рассеивающих материалов.

3.1.5 **рассеивающий материал** (dissipative material): Материал с поверхностными или объемными проводящими свойствами, характеризуемыми более высоким электрическим сопротивлением, чем у проводящих материалов, и более низким, чем у изоляционных материалов.

3.1.6 **изоляционный материал** (insulative material): Материал с достаточно высоким электрическим сопротивлением, чтобы препятствовать потоку заряда определенного значения.

3.1.7 **низкая заряжаемость** (low charging): антистатическое свойство материала, которое ограничивает передачу электростатического заряда при касании или разъединении (трибоэлектрический эффект).

3.1.8 **поверхностное сопротивление** (surface resistance): Отношение постоянного напряжения к току, протекающему между двумя электродами определенной конструкции, расположенными на одной стороне материала.

Примечание 1 — Поверхностное сопротивление выражается в омах (Ом).

3.1.9 **удельное поверхностное сопротивление** (surface resistivity): Для электрического тока, протекающего по поверхности, отношение падения напряжения постоянного тока на единицу длины к поверхностному току на единицу ширины.

Примечание 1 — Фактически удельное поверхностное сопротивление — это сопротивление между двумя электродами на противоположных сторонах квадрата, которое не зависит от стороны квадрата или единиц его измерения.

Примечание 2 — Удельное поверхностное сопротивление выражается в омах (Ом). Обычно удельное поверхностное сопротивление выражают в Ом/кв, чтобы отличить его от поверхностного сопротивления.

3.1.10 **объемное сопротивление** (volume resistance): Отношение напряжения постоянного тока на единицу толщины к количеству тока на единицу площади, проходящего через материал.

Примечание 1 — Объемное сопротивление выражается в омах (Ом).

3.1.11 **экранирующие электростатический разряд материалы** (electrostatic discharge shielding): Материалы, которые ослабляют электростатическое поле и ограничивают проникновение энергии, вызванное электростатическим разрядом.

3.1.12 **экранирующие электростатическое поле материалы** (electrostatic field shielding): Материалы, которые ослабляют электростатическое поле.

3.2 Сокращения

МЗУ — модель заряженного устройства;
КУЗП — контрольное устройство с заряженной пластиной;
УЗЭ — участок, защищенный от ЭСР;
ЭСР — электростатический разряд;
ЧЭСР-компонент — чувствительный к электростатическому разряду компонент;
МЧТ — модель человеческого тела.

4 Назначение электростатической защитной упаковки

4.1 Анализ электростатических рисков (когда могут возникнуть проблемы с ЧЭСР-компонентами)

Риск для электронных деталей, узлов и изделий — ЧЭСР-компонентов от электростатических явлений возможен в нескольких формах и может быть вызван прямым электростатическим разрядом от заряженного проводника до ЧЭСР-компонента или электростатическим разрядом от ЧЭСР-компонента к другому проводнику (при различных потенциалах) или земле, если ЧЭСР-компонент становится чрезмерно заряженным. Повреждение ЧЭСР-компонента всегда будет вызвано протеканием повышенного тока через ЧЭСР-компонент.

Перенос электростатического заряда (разделение заряда) будет происходить каждый раз, когда два материала соприкасаются и разделяются. В результате разделения заряда появятся равные положительный и отрицательный заряды на противоположных поверхностях. Различия при взаимодействии заключаются в том, какое количество заряда отделяется и где скапливается заряд после разделения, что в свою очередь зависит от электрических свойств материала. Заряженные материалы, способные проводить электричество, могут быть нейтрализованы путем контакта с землей (заземлением). Скорость нейтрализации/рассеивания заряда зависит от электрического сопротивления материала и контактного сопротивления между материалом и землей. Чем выше сопротивление материала и его контактное сопротивление с землей, тем больше времени потребуется для нейтрализации заряда. Положительно заряженный материал будет получать недостающие электроны от земли, в то время как с отрицательно заряженного объекта электроны будут стекать на землю.

Значение потенциала разряда, который может выдержать ЧЭСР-компонент, определяется рядом факторов, включая чувствительность компонента, схему узла, скорость передачи заряда через ЧЭСР-компонент, общую энергию разряда и влияние окружающей среды.

Разряд через ЧЭСР-компонент может произойти при контакте с заряженным проводником, включая человека, элемент используемого оборудования, ручной инструмент или прибор, или любым другим заряженным проводником, применяемым в процессе производства.

Снижение вероятности повреждающего ЧЭСР-компонент разряда является одним из основных методов электростатического контроля. Риск повреждения заряженными проводниками возможно снизить, если все проводящие материалы и инструменты будут электрически заземлены. Заземленный проводник не может удерживать электростатический заряд.

Разряд, возникающий от заряженного ЧЭСР-компонента на землю, контролируется за счет уменьшения накопления заряда на самом ЧЭСР-компоненте. После того как ЧЭСР-компонент был заряжен, трудно снять полученный заряд без риска протекания чрезмерного тока через ЧЭСР-компонент. Таким образом, одним из ключевых факторов при проектировании защитной упаковки является снижение заряжаемости при соприкосновении ЧЭСР-компонента и контейнера, который используется для хранения и транспортирования.

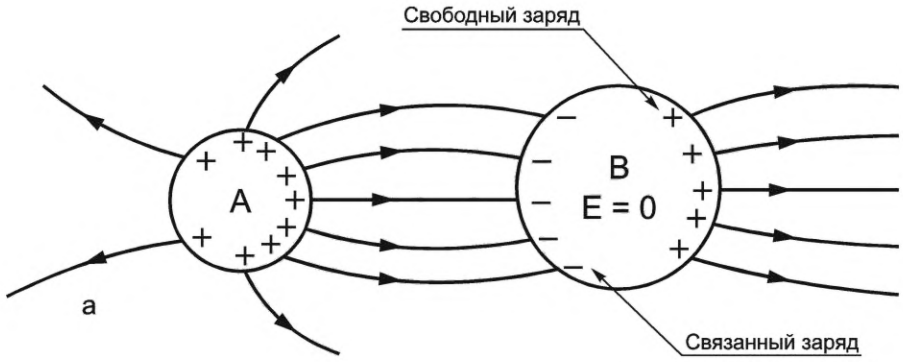
Вероятность возникновения заряда не может быть исключена, но его величина может быть снижена до уровня ниже установленного допустимого значения потенциала, которое может вызвать повышенный риск для ЧЭСР-компонента благодаря конструкции контактирующих поверхностей, химических соединений или добавок, применяемых в материалах для изменения характеристик поверхности и для обеспечения некоторого уровня электропроводности для рассеивания зарядов.

4.2 Механизмы возникновения заряда

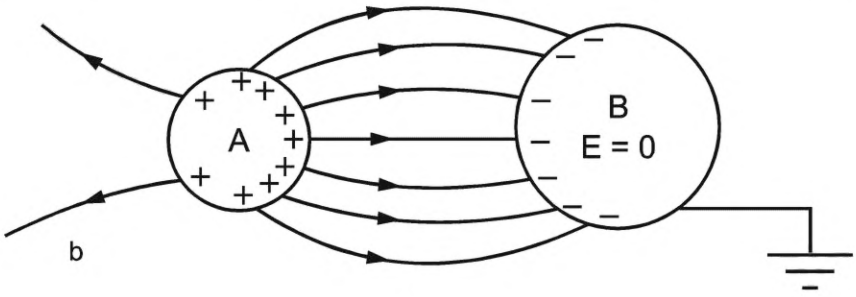
Трибоэлектрический эффект является основным способом генерации заряда материалами. Этот процесс возникает при соприкосновении разнородных материалов, а затем при их разделении.

Полученный в результате уровень заряда зависит от длительности контакта, скорости разделения и любых движений трения, которые могут быть частью процесса соприкосновения перед разделением. Процесс возникновения заряда также зависит от физических свойств поверхностей контактирующих материалов. Уменьшение площади поверхности контакта — один из способов снижения трибоэлектрического заряда. Химические добавки на поверхности материалов также могут снизить возможность возникновения заряда за счет уменьшения трения между поверхностями. Добавление рассеивающих веществ может обеспечить рассеивание зарядов на поверхности или при контакте с землей, что снизит накопление заряда.

Возникновение заряда за счет индукции происходит, когда проводящий объект заземлен и находится в электрическом поле. Несмотря на то, что это сложное явление, оно может возникать при обработке ЧЭСР-компонентов как в ручном, так и в автоматическом режиме, если электрические поля от производственного оборудования на рабочем месте не поддерживаются ниже критических уровней (определяемых чувствительностью ЧЭСР-компонента). Первый этап индукционного процесса происходит, когда ЧЭСР-компонент попадает в электрическое поле. Заряды перестраиваются внутри ЧЭСР-компонента за счет поляризации, как показано на рисунке 1 а). В указанный момент в ЧЭСР-компоненте нет разделения зарядов, только поляризация.



a) Изолированный проводник B, поляризованный вследствие электрического поля A

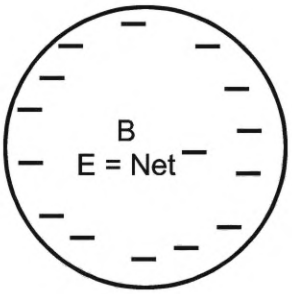


b) Проводник B заземлен в условиях электрического поля A, что привело к задержке заряда на B

Рисунок 1 — Процесс заряжения за счет индукции — Заземление проводника в условиях электрического поля

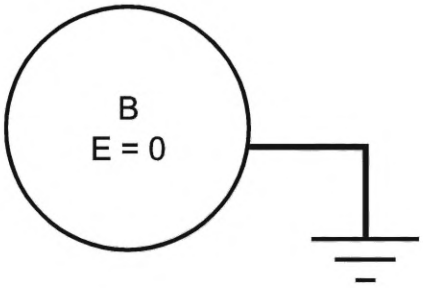
Если ЧЭСР-компонент подключен к заземлению и находится в электрическом поле, заряд будет течь к земле или от земли в зависимости от полярности заряда на проводящей части ЧЭСР-компонента. Первый разряд, который возникает, приведен на рисунке 1 b).

Если заземление отключат до того, как электрическое поле перестанет действовать на рассматриваемом участке (это происходит, когда деталь перемещается в процессе работы), заряд будет задерживаться на ЧЭСР-компоненте, как показано на рисунке 2 a). Если у заряженного устройства произойдет еще один контакт с заземлением, произойдет второй разряд, который нейтрализует заряд на объекте, как показано на рисунке 2 b).



a) Заряженное устройство B, показанное на рисунке 1 b), после отключения от заземления

Рисунок 2 — Вторая часть процесса заряжения за счет индукции. Лист 1



b) Разряд заряженного устройства B путем контакта с землей

Рисунок 2, лист 2

Фактические импульсы разряда от экспериментального индукционного процесса приведены на рисунках 3 и 4.

Как легко заметить, в каждом процессе индукционного заряжения-разряжения возникают почти одинаковые разряды с противоположной полярностью.

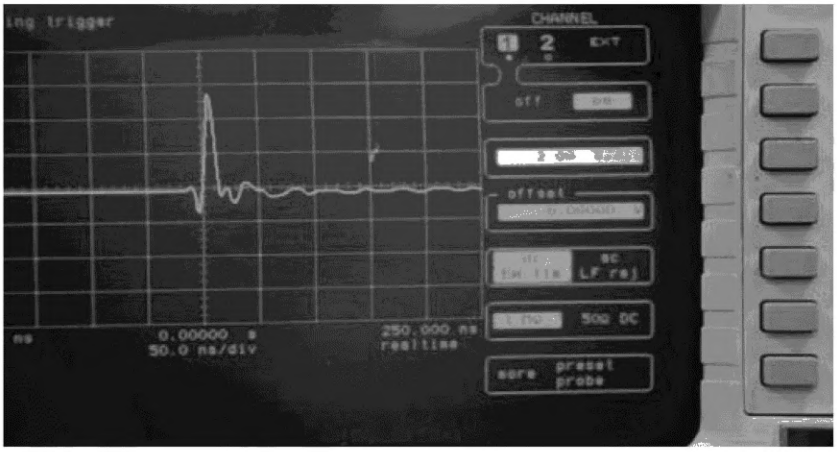


Рисунок 3 — Первый разрядный импульс, который возникает, как показано на рисунке 1 b)

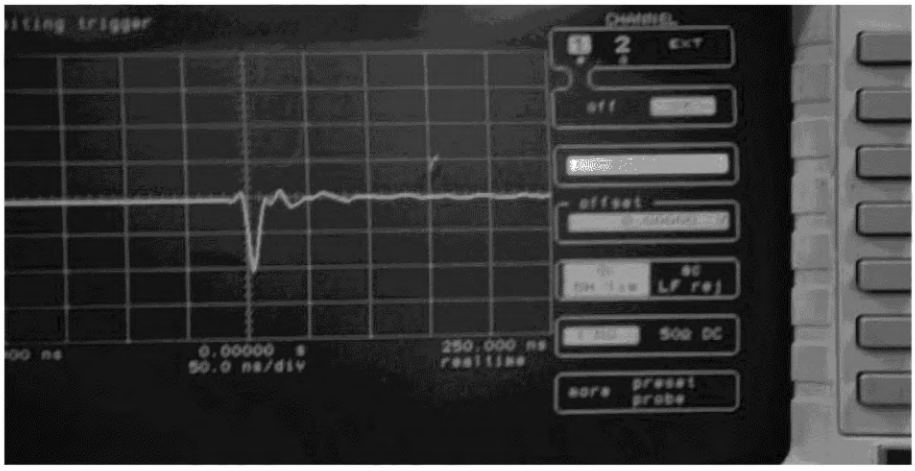


Рисунок 4 — Второй разрядный импульс, который возникает, как показано на рисунке 2

Если ЧЭСР-компонент имеет очень маленькие размеры, индукция электрического поля может привести к достаточно высокому уровню внутреннего напряжения, что приведет к повреждению ЧЭСР-компонента. Допустимое значение напряжения зависит от напряжения пробоя изолирующих слоев в ЧЭСР-компоненте.

Заряд от контакта с заряженным объектом может возникнуть, если ранее незаряженные проводящие части ЧЭСР-компонента соприкасаются с другим проводником отличного потенциала. Таким образом, произойдет разделение заряда между проводниками. Разряд произойдет при контакте с предметом с большей емкостью и низким сопротивлением или при подключении ЧЭСР-компонента к земле, как изображено на рисунке 2. Опасность повреждения возникает, если ток разряда превышает порог чувствительности ЧЭСР-компонента.

4.3 Снижение электростатического заряда на рабочих местах

Первым шагом к снижению риска возникновения электростатических повреждений в любой технологической среде является обеспечение того, чтобы все проводящие или электрически рассеивающие элементы и материалы были подключены к заземлению или эквипотенциально соединены для разделения заряда и выравнивания электрического потенциала. Возможно обеспечить низкий риск электростатического разряда для ЧЭСР-компонентов, если работать с ними в условиях выровненного электрического потенциала.

Второй шаг — по возможности максимально удалить все неиспользуемые изоляционные материалы и предметы (диэлектрики) с рабочего места, поскольку электростатический заряд на этих материалах и предметах не может быть рассеян путем заземления. Напряженность электрического поля при работе с незащищенными ЧЭСР-компонентами не должна превышать 5 000 В/м. Необходимые в работе диэлектрики с поверхностным электростатическим полем, превышающим 2000 В на расстоянии 2,5 см, должны находиться на расстоянии более 30 см от ЧЭСР-компонентов, или их электростатическое поле должно быть уменьшено до уровня менее 125 В на расстоянии 2,5 см, если их необходимо использовать в непосредственной близости (< 2,5 см). Экспериментально было показано, что при любой оценке риска следует учитывать размер заряженного диэлектрика, расстояние, на котором он находится от ЧЭСР-компонента, и напряженность поля.

Третий и наиболее сложный шаг в снижении технологического риска для ЧЭСР-компонентов — уменьшение накопления заряда на частях самих компонентов. Поскольку соприкосновение и отделение ЧЭСР-компонента от любой поверхности может потенциально вызвать возникновение заряда, следует проявлять осторожность при оценке и выборе контактирующих материалов, включая упаковочные материалы, используемые для хранения и транспортирования.

Количество заряда, которое может выдержать ЧЭСР-компонент, является предметом множества предположений и обсуждений. Наиболее логичным предположением является то, что тестирование по МЗУ определяет чувствительность данного ЧЭСР-компонента к определенной форме разряда МЗУ, и поэтому эквивалентное количество заряда, измеренное на фактическом ЧЭСР-компоненте, следует рассматривать как оценку уровня риска повреждения. На ЧЭСР-компоненте могут быть выполнены относительно простые и хорошо понятные измерения заряда, определена емкость ЧЭСР-компонента, а напряжение и накопленная энергия могут быть рассчитаны для сравнения с порогом отказа ЧЭСР-компонента по МЗУ. Несмотря на то, что прямая зависимость между отказом по МЗУ и фактическим зарядом ЧЭСР-компонента в ходе работы может быть не 1:1, лучше определять риски ущерба путем установления порогового значения для уровня заряда. Контроль за возникновением заряда на ЧЭСР-компоненте можно обеспечить с помощью использования различного оборудования, включая контактные и бесконтактные электростатические вольтметры и, возможно, измерители поля, если ЧЭСР-компонент достаточно большой по площади. Вероятно, наиболее эффективными будут измерения, выполняемые с помощью цилиндра Фарадея, где заряд в кулонах измеряют напрямую.

4.4 Вопросы, связанные с электростатическим притяжением и отталкиванием

Один из наиболее важных принципов электростатики состоит в том, что заряды противоположного знака притягиваются, а заряды одного знака отталкиваются. Фактическая сила притяжения и отталкивания определяется зарядом на задействованных предметах или материалах и возникающим электрическим полем. Чем сильнее заряд, тем сильнее электрическое поле и тем больше силы притяжения или отталкивания. Этот основной принцип притяжения и отталкивания используется в промышленности и влияет на любое практическое применение. Копировальный аппарат в офисе не работал бы без этого фундаментального принципа. Без этого принципа фильтры, очищающие воздух в промышленных процессах, потеряли бы свою эффективность. Существует также множество других процессов, основанных на этом законе физики.

Этот простой и хорошо известный закон физики также является причиной бесчисленных проблем в промышленности из-за нежелательного притяжения или отталкивания. Электростатический заряд и возникающие в результате электрические поля вызывают притяжение пыли на различные поверхности, которое может привести к их повреждению и дефектам при осуществлении технологических процессов. Электростатическое притяжение или отталкивание может привести к неправильной подаче деталей в автоматизированное установочное оборудование во время сборки печатной платы. Детали небольшого размера, такие как конденсаторы и резисторы поверхностного монтажа, могут подвергаться физическому воздействию электрических полей, которые во многих других случаях будут считаться слабыми или несущественными.

Требования к электрическому полю, указанные в 4.3, могут быть недостаточными для уменьшения прилипания (или притяжения) мелких деталей. При работе с очень маленькими деталями может потребоваться дополнительное снижение напряженности электростатического поля. Благодаря правильному использованию ионизированного воздуха и выбору упаковочных материалов с низкой заряжаемостью можно минимизировать такие проблемы при работе с мелкими деталями.

4.5 Рассеивание электростатического заряда

Как упоминалось в 4.1, электростатический заряд рассеивается или нейтрализуется различными способами, в зависимости от применяемых материалов. Материалы или предметы с конечным уровнем проводимости будут рассеивать или терять свой суммарный заряд при контакте с землей. Скорость рассеивания такого заряда определяется фактическим электрическим сопротивлением и емкостью в цепи разряжения. Что касается упаковочных материалов, электрическое сопротивление на поверхности упаковки может быть относительно высоким. Для испытаний упаковочных материалов большинство стандартов требуют использовать метод испытания на сопротивление поверхности. Используемые на практике методы различаются в зависимости от формы материала и приведены в разделе 6.

Стекание электростатического заряда — одна из форм рассеивания заряда, которая используется при определении верхних пределов функциональных характеристик упаковочных материалов. По сути, проверка (или оценка) способности материала к стеканию электростатического заряда — это измерение времени, которое требуется испытуемому образцу, чтобы потерять или уравновесить определенную часть заряда, когда образец заземлен. Методы определения способности материала к стеканию электростатического заряда приведены в разделе 6.

4.6 Защита от тока электростатического разряда

Ограничение или, что предпочтительнее, предотвращение попадания электростатического разряда в упаковку, содержащую ЧЭСР-компоненты, является электрическим свойством, известным как изоляция. Электрическая изоляция по определению ограничивает ток или поток заряда, и ее важность нельзя недооценивать. При этом изоляционные материалы также склонны к накоплению и удержанию электростатического заряда. Одним из основных видов упаковочных материалов, используемых для защиты электронных устройств, является экранирующая упаковка. Обычно это ламинированные материалы, один слой которых является изолятором или рассеивающим материалом с высоким сопротивлением для ограничения тока через корпус, второй слой является высокопроводящим материалом для обеспечения электростатического экранирования, а внутренний слой имеет низкую заряжаемость.

4.7 Защита от электростатических полей

Электростатическое поле может проходить через электроизоляцию, поэтому изоляционная упаковка сама по себе не может предотвратить заряжение через индукцию ЧЭСР-компонентов, которые в ней находятся. Для ослабления электрического поля требуется упаковка из проводящих материалов. Фактическую величину или уровень экранирования, обеспечиваемый упаковкой, определяют проводимостью материала, толщиной проводящего слоя и расстоянием от внешней части упаковки до содержащегося в ней ЧЭСР-компонента. Экранирование — это изменяющееся свойство, поэтому методы испытаний имеют тенденцию к усложнению, как описано в разделе 6.

4.8 Вопросы, связанные с применением химических веществ и выделением газов

Иногда проблема чистоты более существенна, чем электростатика, особенно для контактных упаковочных материалов — тех, которые соприкасаются с упакованным компонентом. К сожалению, добавление необходимых химикатов для обеспечения рассеивания электричества или низкой заря-

жаемости может повлиять на чистоту упаковочного материала и вызвать нежелательное или опасное загрязнение содержащихся в нем компонентов. Согласовать требования по защите от электростатических явлений и требования к примесям часто бывает сложно.

4.9 Защита от влаги

Некоторые электронные компоненты подвержены влиянию влажности (абсорбция корпуса/составных частей изделия) и должны храниться и транспортироваться в упаковке, выполненной из материалов, обладающих влагозащитными (барьерными) свойствами. Как правило, это упаковка типа пакетов, которые имеют многослойную структуру, один из слоев которых представляет собой металлическую фольгу или очень тяжелое металлическое напыление, осажденное из паровой фазы (обычно алюминий)[1)]. Влагозащитная упаковка должна герметично закрываться для образования непроницаемого барьера, часто после откачки содержащегося воздуха и/или наполнения их специально осушенными газами, такими как азот. Для уменьшения влажности, скопившейся в герметично закрытом пакете, внутрь можно поместить пакетики с осушителем.

4.10 Условия окружающей среды, влияющие на упаковочные материалы

Защита электронных компонентов и других уязвимых предметов от атмосферных явлений играет важную роль для упаковочных материалов. Влажность воздуха может влиять на возникновение заряда, рассеивание заряда и даже на изоляционные свойства упаковочных материалов. Экстремальные высокие и низкие температуры могут иметь пагубное воздействие на физические и химические характеристики упаковочных материалов. При выборе или проектировании упаковочных материалов или систем важно учитывать условия хранения и транспортирования.

4.11 Принципы выбора упаковочного материала

4.11.1 Общие положения

Основным принципом при выборе или проектировании подходящего упаковочного материала для любого конкретного случая применения, включающего электростатический контроль, является понимание основ, связанных со свойствами материала. Эти свойства кратко описаны ниже.

4.11.2 Низкая заряжаемость

Минимальное возникновение заряда является основным фактором для тех упаковочных материалов, которые будут соприкасаться с находящимися внутри компонентами. При этом низкую заряжаемость труднее всего определить, поскольку существует очень мало общепринятых методов испытаний, если они вообще существуют. Существует множество наглядных примеров, специальных процедур и простых манипуляций, которые были разработаны и используются практикующими специалистами на протяжении многих лет для оценки процесса возникновения заряда. Однако общепринятых способов испытаний на низкую заряжаемость нет. Это настолько же сложно, как определение общепринятого уровня электростатического заряда или электрического поля. Чаще всего уровень заряда интуитивно распознается по электрическому полю, исходящему от него на поверхности материала. Полезным требованием является предел напряженности поля, установленный в IEC 61340-5-1 на уровне 5000 В/м (или 50 В/см). Напряженность электрического поля 50 В/см является разумной отправной точкой для установления требований к низкой заряжаемости. В некоторых случаях, когда используются очень мелкие детали, может потребоваться более низкое значение напряженности, которое может быть изменено пользователем по мере необходимости. Методы измерения электрического поля на небольших упаковочных материалах или других предметах с любой установленной точностью приведены далее.

4.11.3 Рассеивание электростатического заряда

Рассеивание электростатического заряда — основное свойство, которое эффективно в антистатических упаковочных материалах.

Способность упаковки терять заряд при заземлении или при контакте с заземленным персоналом, работающим с упаковкой, является важным свойством. Если в упаковке нет заряда и внутренняя часть упаковки не способствует возникновению заряда, маловероятно, что содержащиеся в ней компоненты будут значительно заряжены. Важно, чтобы упаковка была разряжена перед открытием упаковки и извлечением содержимого, чтобы избежать извлечения содержимого через изменяющееся

[1)] *Одним из стандартов, устанавливающих требования к влагозащитной упаковке, является стандарт IPC/JEDEC J-STD-033.B.1.*

электрическое поле. Для материала, определяемого как рассеивающий материал, верхний предел поверхностного сопротивления составляет < $1 \cdot 10^{11}$ Ом при измерении методом, описанным в 7.3. При выборе рассеивающих материалов требуется особая осторожность, поскольку диапазон электрических величин огромен. Функциональные свойства сильно различаются на предельных значениях диапазона. Материалы с поверхностным сопротивлением $1 \cdot 10^5$ Ом имеют совсем другую скорость стекания заряда, чем материалы с $9{,}9 \cdot 10^{10}$ Ом. Следовательно, при чтении спецификаций упаковочного материала необходимо соблюдать осторожность, так как термин «рассеивающий» должен иметь заданное значение сопротивления, чтобы точно определить, в какой части диапазона находится значение сопротивления материала.

4.11.4 Проводящие материалы

В упаковочных системах, особенно когда заземление упаковки чрезвычайно важно или содержащиеся в ней предметы имеют энергетическую или взрывоопасную природу, используются токопроводящие материалы.

Мягкая проводящая упаковка широко используется при работе с химическими веществами, боеприпасами и другими опасными материалами. В системах упаковки электронных компонентов чаще всего используются материалы на основе проводящих полимеров для жестких и полужестких контейнеров. Методы испытаний на поверхностное и объемное сопротивление приведены в 7.3. Обычно в стандартах устанавливаются требования к допустимому значению сопротивления ≤ $1 \cdot 10^5$ Ом для токопроводящих материалов, при этом IEC 61340-5-3 устанавливает предел < 10^4 Ом. Нижнего предела не существует, поэтому металлические контейнеры с очень низким электрическим сопротивлением попадают в эту категорию, при этом есть подкласс в диапазоне проводимости, который составляют материалы, экранирующие электростатическое поле.

4.11.5 Экранирование электростатического поля

Экранирующие электростатическое поле материалы включают в себя проводящие материалы, которые обычно имеют сопротивление ≤ $1 \cdot 10^3$ Ом. В данную категорию включены в значительной степени наполненные проводящими веществами полимеры (углерод, серебро, медь и некоторые из новейших нанотехнологических наполнителей) и металлические конструкции. Экранирование электростатического поля ослабляет поле, но может не защищать от разрядных токов, проходящих через стенку контейнера, изготовленного из материалов с высокой проводимостью. Толщина стенки корпуса из проводящих материалов влияет на ток разряда в случае прямого электростатического разряда.

4.11.6 Экранирование электростатического разряда

Экранирующая ЭСР упаковка — это выполненный в форме пакета многослойный упаковочный материал, который включает многие из ранее описанных желательных свойств для защиты электронных компонентов. Внутренняя часть пакета, экранирующего ЭСР, обычно представляет собой низко заряжающуюся и рассеивающую поверхность, предназначенную для ограничения зарядов, находящихся внутри предметов во время соприкосновения и разделения, которое происходит, когда предметы помещают внутрь пакета или перемещают в пакете во время транспортирования. Чаще всего характеристикой внутренней поверхности будет электрическое сопротивление, основанное на испытании поверхностного сопротивления. Обычно приемлемое значение сопротивления составляет < $1 \cdot 10^{11}$ Ом. Пакет для защиты от электростатического разряда содержит также изолирующий слой, ограничивающий ток, протекающий через стенку пакета. Слой тонкий, обычно от 25 до 50 мкм, поэтому электрическая прочность ограничена, но достаточна для большинства вероятных случаев электростатического разряда, которые могут произойти при транспортировании или хранении. На поверхность изолирующего слоя наносится тонкий слой металла, который образует экранирующий защитный слой. Слой обычно имеет некоторую прозрачность, чтобы можно было визуально проверить содержащиеся в нем элементы. Поскольку экранирующий слой достаточно тонкий, чтобы быть прозрачным, реальный уровень экранирования ограничен. Более толстые материалы, обычно непрозрачные, часто снабжены дополнительным слоем, который имеет защиту от водяного пара при транспортировании и хранении чувствительных к влаге компонентов. Производственный опыт показывает, что качественно изготовленные пакеты обеспечат защиту от разряда даже для самых чувствительных электронных компонентов в любых ожидаемых условиях транспортирования и хранения. Технические требования устанавливают снижение энергии внутри пакета до 50 нДж и менее при внешнем разряде 1 кВ. Хорошо сделанные пакеты допускают получение значения энергии внутри пакета < 10 нДж по методу испытаний, приведенному в 7.4.

5 Типы упаковочных материалов

5.1 Полимеры с наполнителями

Многие полимерные смолы могут быть обогащены большим количеством добавок из проводящих или рассеивающих материалов, которые придают электрические свойства основному материалу. При том что контролировать количество добавок для достижения определенного уровня сопротивления в среднем диапазоне рассеивания довольно сложно, низкие уровни сопротивления относительно легко получить с помощью углеродной сажи, металлических хлопьев, нанотрубок, графитовых волокон и т. д. Полимеры с наполнителями используются в вакуумном формовании, литье под давлением и экструзии пленки.

5.2 Проводящие или рассеивающие полимеры

Добавляемые материалы вступают в реакцию с базовым полимером и становятся частью молекулярной цепи, как правило, на концах молекул. Электропроводность такой матрицы зависит от того, сколько конечных цепочек молекул вступают в контакт. Полимерные материалы могут иметь широкий диапазон электрических свойств, которые являются постоянными и не подвержены влиянию воздействий окружающей среды и других внешних воздействий.

5.3 Поверхностное покрытие

Базовые полимеры могут быть покрыты проводящими или рассеивающими материалами для придания определенного уровня электрического сопротивления внешней поверхности упаковочного материала. Покрытия могут быть в виде краски, смолы или другой отверждаемой жидкости. Как правило, жидкость для покрытия содержит проводящий наполнитель, аналогичный используемому в полимерах с наполнителем, описанным в 5.1.

5.4 Антистатическое покрытие

Антистатики — это химические вещества, которые обычно поглощают влагу из воздуха. Антистатики наносятся на поверхность для обеспечения некоторого уровня проводимости и гладкости поверхности. При соприкосновении и разделении часть антистатического покрытия будет передаваться между поверхностями, чтобы ограничить электростатическое разделение заряда. Поверхности, обработанные антистатиком, не считаются долговечными и могут потребовать повторной обработки для сохранения свойства низкой заряжаемости.

5.5 Анодированные материалы (например, желоба, используемые внутри автоматических установщиков компонентов, металлические трубы)

Анодированные поверхности обычно обладают высоким поверхностным сопротивлением и придают алюминию прочное и твердое покрытие, уменьшающее износ и истирание. Существуют анодированные материалы, соответствующие верхнему диапазону для рассеивающего материала, но они относительно редки и доступны только по специальному заказу. Многие анодированные поверхности при контакте с производственными материалами являются генераторами заряда, поэтому на технологических линиях, где используются эти поверхности, требуется осторожность. В то время как основной алюминий может быть прикреплен к деталям машины и в конечном итоге заземлен, анодированная поверхность может быть изолирующей и, следовательно, изолированной от заземляющего соединения, поэтому она может стать генератором заряда. Анодированные поверхности могут быть повреждены и иметь нарушения целостности покрытия. Также они могут выйти из строя при умеренном напряжении.

Эти ограничения могут привести к разряжению заряженных устройств через анодирование сильным током. Сопротивление анодирования может сильно зависеть от напряжения: время затухания заряда увеличивается с уменьшением напряжения. Это может представлять значительную опасность для устройств с низкой устойчивостью по МЗУ.

5.6 Производство упаковочных материалов

5.6.1 Формирование вакуумом

Полимерные листы нагревают и кладут на форму. Вакуум втягивает нагретый лист в форму, и лист принимает требуемую форму. После охлаждения полимер снимают с формы и обрезают. С помощью

вакуумного формования изготавливают простые формы, хотя для многих материалов таким способом можно получить сложные поверхностные узоры. Глубокая вытяжка полимеров с наполнителями может привести к значительным изменениям электрического сопротивления готовой упаковки, особенно по углам или краям. Может произойти полная потеря электропроводности по краям, поэтому важно проверить сопротивление готовой упаковки по краям и углам, используя испытания на сопротивление «от точки до точки» (см. 7.3).

5.6.2 Литье под давлением

Трехмерные формы создаются путем впрыскивания расплавленной смолы в сложную форму. Сложные формы могут быть сделаны с использованием технологий литья под давлением и соответствующего оборудования. Необходима осторожность при оценке деталей, полученных литьем под давлением, сформированных из рассеивающих и проводящих смол, поскольку деформация полимерной смеси часто изменяет электрические свойства материала, особенно в углах. Может произойти полная потеря электропроводности по краям, поэтому важно проверить сопротивление готового изделия по краям и углам, используя испытания на сопротивление «от точки до точки» (см. 7.3).

5.6.3 Выдавливание

Выдавливание — это механический процесс, который изменяет геометрическую форму поверхности материала. Выдавливание может помочь снизить образование заряда за счет уменьшения площади контакта с поверхностью. Оценка свойств заряжаемости требует разработки методики в соответствии с 7.2.

5.6.4 Покрытие, полученное с помощью осаждения пара в вакууме

Вакуумное осаждение из паровой фазы используется для образования металлического слоя на поверхности полимера. Процесс выполняется в высоком вакууме, так что расплавленный металл и последующий пар не повреждают основной полимер.

5.6.5 Поверхностное покрытие

Поверхностное покрытие — это метод, используемый для нанесения материалов на гибкую основу. Часто процесс нанесения материалов проводят на движущемся полотне в процессе глубокой печати с рулона на рулон, когда машинный валик переносит материал покрытия из поддона или лотка на полимер, бумагу или другую гибкую основу посредством контакта. Перед скручиванием готового полотна происходит отверждение, часто в печи. Этот процесс используется во многих отраслях промышленности, включая полиграфию и производство лент.

5.6.6 Ламинирование

Ламинирование используется для объединения двух и более материалов в единую конструкцию. В процессе ламинирования можно создавать сложные комплексные структуры, обычно двухмерные или плоской формы. В некоторых случаях ламинированные листы можно использовать при операциях формирования вакуумом, но следует проявлять осторожность, поскольку изгиб может изменить функциональные свойства отдельных слоев ламинированного материала и снизить адгезию между слоями.

6 Существующие стандарты на упаковочные материалы

6.1 IEC 61340-5-3

IEC 61340-5-3 предоставляет обзор типичных упаковочных материалов, указаний по применению упаковочных материалов, терминов, определений и технических требований к материалам. Методы испытаний включают измерение поверхностного и объемного сопротивления для плоских двумерных материалов, двухточечное электрическое сопротивление и экранирование пакетов от разряда.

IEC 61340-5-3 не применяется при измерениях электрического сопротивления на формах, отличных от плоских поверхностей, или на материалах, где приведенный в стандарте двухконтактный электрод неприменим. В IEC 61340-5-3 не рассматриваются методы защиты от ЭСР для материалов или предметов, отличных от пакетов.

6.2 ANSI/ESD S541

ANSI/ESD S541 предоставляет обзор типичных упаковочных материалов, указаний по применению упаковочных материалов, терминов, определений и технических требований к материалам. Методы испытаний включают поверхностное и объемное сопротивление для плоских двумерных материалов, двухточечное электрическое сопротивление и защиту от разряда для пакетов.

ANSI/ESD S541 не описывает возможность измерения электрического сопротивления на формах, отличных от плоских поверхностей, или на материалах, где приведенный двухконтактный электрод неприменим. В ANSI/ESD S541 не рассматриваются методы защиты от разряда для материалов или предметов, отличных от пакетов.

6.3 Военные стандарты и другие документы, относящиеся к упаковке

6.3.1 Общие положения

Военные стандарты, относящиеся к упаковочным материалам, содержат конкретную информацию, которая полезна при разработке требований по упаковке для электронных и других ЧЭСР-компонентов. Военные стандарты США находятся в общем доступе и доступны для бесплатного ознакомления (Assist — Quick Search Data Base — gost.e-ecolog.ru).

6.3.2 MIL PRF 81705 (E) (Пленка)

Это один из самых важных стандартов в упаковочной промышленности, касающихся электронных продуктов. Он разрабатывался с 1970-х по 1990-е годы и содержит технические требования для трех типов пленочного материала, используемого для изготовления пакетов. Тип I представляет собой барьерную пленку из металлической фольги, используемую для влагоизоляции и умеренного электромагнитного экранирования; Тип II был слабо заряжающимся и рассеивающим прозрачным полимерным материалом; и Тип III представляет собой прозрачный материал, экранирующий электростатический разряд. В самой последней версии MIL PRF 81705 (E) не используются материалы Типа II. Технические характеристики пленок Типа I и Типа III подробно описаны и основаны на результатах применения в промышленности. При использовании MIL PRF 81705 следует иметь в виду, что значения сопротивления выражены в Ом/кв, которые в 10 раз превышают поверхностное сопротивление, определенное в IEC 61340-5-3.

6.3.3 MIL STD 3010

Методы испытаний (взамен FTMS 101C). Этот документ содержит ряд методов для физических и механических испытаний упаковочных материалов. Наиболее часто упоминаемая процедура — это метод 4046 — Стекание заряда. Метод 4046 использует специальное устройство для приложения потенциала к образцу пленки, удерживаемой в приспособлении. Испытуемый образец должен обладать минимальной проводимостью, чтобы принять зарядный потенциал. После того как материал заряжен, образец подключают к земле (заземляют) и измеряется время стекания заряда. Как правило, этот метод применим для узкого диапазона образцов с удельным поверхностным сопротивлением от 10^{10} до 10^{13} Ом и применим только к образцам однородной пленки. Ссылки на метод 4046 часто встречаются в таблицах данных, поэтому следует проявлять осторожность при интерпретации получаемых данных от поставщиков.

6.3.4 MIL PRF 131

Материалы экранирующие, водонепроницаемые, жиронепроницаемые. Этот стандарт применяется ко многим формам упаковочных материалов при отправке товаров потребителям. Ссылки на электрические и электронные компоненты относятся к стандарту MIL PRF 81705 для требований, связанных с электростатикой. MIL PRF 131 упоминается здесь, поскольку он может применяться к военным подрядчикам, которые поставляют продукцию для армии США.

7 Существующие методы испытаний упаковочных материалов

7.1 IEC 61340-2-1 — Способность материалов и упаковки рассеивать статический электрический заряд

IEC 61340-2-1 описывает методы испытаний для измерения скорости рассеивания статического заряда изоляционных и рассеивающих материалов и изделий. Он включает в себя общее описание методов испытаний и подробные процедуры испытаний для конкретных случаев применения.

IEC 61340-2-1 описывает использование устройства для заряжения и разряжения коронным разрядом, измерителя электростатического поля и КУЗП. Приведены описания того, как проводить измерения для тканей, перчаток и напальчников, а также ручных инструментов. Некоторые из методов испытаний могут быть адаптированы к упаковочным материалам, но не приведено никаких технических требований, чтобы помочь конечному пользователю определить релевантность измерений снижения уровня заряда на упаковочных материалах. Концепции и процедуры нуждаются в доработке для их использования.

7.2 IEC TR 61340-2-2 — Измерение заряжаемости

IEC TR 61340-2-2 описывает оборудование, устройства и методы для измерения электростатического заряда, вызываемого контактом и относительным движением материалов, и представляет примеры экспериментов для моделирования практических процессов.

IEC TR 61340-2-2 описывает цилиндр Фарадея, измерители поля роторного типа и другие измерители поля (несколько типов), контрольные устройства с заряженной пластиной (несколько типов), бесконтактные электростатические вольтметры и контактные электростатические вольтметры, а также дает руководство по их использованию для оценки полученных результатов, связанных с электростатическим зарядом. Приведены общие описания испытаний на трение, скольжение и прохождение пленки по роликам. Области применения упаковочных материалов конкретно не упоминаются, но многие методы могут быть полезны при оценке упаковочных материалов. Для интерпретации результатов тестов заряжаемости необходимы квалифицированные специалисты.

7.3 IEC 61340-2-3 — Сопротивление и удельное сопротивление

В стандарте IEC 61340-2-3 описаны методы испытаний для определения электрического сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов в диапазоне от 10^4 до 10^{12} Ом, используемых для предотвращения накопления электростатического заряда.

Электрод с концентрическим кольцом для измерения поверхностного и объемного сопротивления описан как электрод, используемый для измерения сопротивления «от точки до точки» и сопротивления относительно земли / точки заземления.

Такой электрод используется для плоских двумерных твердых материалов с минимальным размером не менее 80 мм × 120 мм или диаметром 110 мм.

Полноразмерные (диаметр 63,5 мм) электроды для измерения сопротивления «от точки до точки» обычно не используются для упаковочных материалов (обычно применяются для полов, рабочих поверхностей, одежды и т. д.). Однако, если исследуемый образец или материал имеет размер более 415 мм × 165 мм, такие электроды могут использоваться для получения некоторой информации о сопротивлении материала «от точки до точки». Это может быть полезно для больших контейнеров (контейнеров для перевозки) или упаковочных материалов.

Двухконтактный электрод используется в методе испытаний при измерении сопротивления между двумя точками на поверхности объекта. Он предназначен для измерения сопротивления элементов в диапазоне от 10^4 до 10^{12} Ом. Электрод состоит из двух пружинных штифтов, номинальным диаметром 3 мм, которые удерживаются на фиксированном расстоянии 3 мм друг от друга. Во время измерения к пружинным штифтам прикладывают постоянное усилие, чтобы можно было контролировать контактное усилие. В большинстве случаев металлические концы штифтов имеют токопроводящее резиновое покрытие или вставку для обеспечения соответствующего контакта с поверхностью.

7.4 IEC 61340-4-8 — Экранирование разряда. Пакеты

IEC 61340-4-8 описывает метод испытаний для оценки характеристик пакетов, защищающих от электростатического разряда. Расчетное напряжение для испытательной установки — 1000 В.

Цель стандарта IEC 61340-4-8 — гарантировать, что производители материалов, испытательные лаборатории и конечные пользователи, использующие этот метод испытаний для оценки данного упаковочного материала, получат аналогичные результаты.

В методе испытаний используется имитатор разряда на основе МЧТ для подачи заданного импульса разряда в пакет стандартного размера. Емкостной пробник помещают внутрь пакета так, чтобы верхняя и нижняя металлические пластины пробника контактировали с внутренними поверхностями тестируемого пакета. Пластины емкостного пробника соединяют резистором определенного номинала, а соответствующий токовый пробник помещают поверх провода резистора на внешней стороне. Токовый пробник присоединяют к подходящему запоминающему осциллографу для захвата и записи импульса тока через резистор после подачи импульса по МЧТ 1000 В на верхнюю часть пакета. Площадь под наблюдаемым импульсом разрядного тока равна энергии в джоулях (ватт-секундах). Этот метод был разработан и используется для пакетов, сумок и аналогичных упаковочных материалов с конца 1970-х годов, так что у него долгая история применения. Большинство поставщиков упаковочного материала, которые предоставляют пакеты для защиты от электростатического разряда, определяют характеристики продукции и сообщают о результатах испытаний с использованием данного метода испытаний.

8 Выбор упаковки

8.1 Определение характеристик упаковочного материала

Определение требований к упаковочному материалу для удовлетворения требований прикладной задачи. Первый шаг состоит в принятии решения о том, что должен обеспечивать упаковочный материал, это понимание процессов и мест, в которых необходимо поддерживать сохранность компонентов (отгрузка, транспортирование, монтаж, хранение и др.). По сути, в первую очередь следует определить, как будут обрабатываться упакованные компоненты. Если упакованный компонент обрабатывается только на УЗЭ, требования к упаковочным материалам могут быть снижены. Если компонент транспортируется и перемещается через неизвестные или незащищенные места, требования к электростатической и другой защите должны быть усилены.

8.2 Внутри УЗЭ

Первый фактор, на который необходимо обратить внимание внутри УЗЭ, — это то, что электростатическая защитная упаковка может вообще не требоваться. Если для хранения предметов необходима упаковка или какой-либо контейнер, упаковочный материал должен быть низко заряжающимся, рассеивающим или проводящим. Обычные изоляционные(диэлектрические) материалы должны быть исключены из УЗЭ. Любые важные изоляционные материалы, используемые на УЗЭ, имеют определенные требования, которые должны быть выполнены, чтобы работа на участке продолжала соответствовать плану выполнения программы ЭСР-управления. Низко заряжающиеся и рассеивающие/проводящие материалы могут использоваться для тележек, коробок, лотков, трубок и другой упаковки для переноса ЧЭСР-компонентов.

8.3 Вне УЗЭ или между УЗЭ

Учитываемые факторы меняются, когда ЧЭСР-компонент необходимо переместить за пределы УЗЭ, между УЗЭ через незащищенные зоны или из УЗЭ в неизвестную принимающую среду. При непосредственном соприкосновении с ЧЭСР-компонентом требуется использовать материалы, имеющие рассеивающие свойства и низкую заряжаемость. Важно снизить возможность заряжения ЧЭСР-компонента. Помимо требований к материалу контактной упаковки, ЧЭСР-компонент должен быть экранирован, чтобы уменьшить влияние внешних электрических полей. Экранирование в этом случае может иметь форму воздушного зазора для разделения ЧЭСР-компонента и внешней среды или прямого экранирования с использованием контейнеров с высокой проводимостью, таких как высокопроводящий защитный пакет или токопроводящий контейнер.

8.4 Оценка характеристик упаковочной системы

Свойства, связанные с электростатической защитой ЧЭСР-компонента, в основном следующие: возникновение заряда, рассеивание заряда и экранирование. Хотя существуют методы испытаний для каждого из свойств, для некоторых форм упаковки (см. приложение А для обзора форм и типов упаковки) прямые измерения неприменимы, поэтому необходимы косвенные измерения. Косвенные измерения включают несколько видов проверки электрического сопротивления. Практический опыт показал, что для большей части диапазона сопротивлений измеренное значение хорошо соотносится со скоростью рассеивания заряда.

8.5 Методы испытаний на рассеивание заряда

Существуют методы испытаний на рассеивание заряда, но они обычно ограничиваются материалами с высоким поверхностным или объемным сопротивлением. Чаще всего скорость рассеивания заряда на материалах, которые считают электростатически рассеивающими, т. е. с сопротивлением $<1 \cdot 10^{11}$ Ом, выше, чем возможно измерить обычными таймерами, используемыми в тестерах рассеивания заряда. Время затухания зависит от емкости и сопротивления, поэтому сопротивление можно использовать для приблизительного определения времени затухания для материалов с поверхностным или объемным сопротивлением $< 1 \cdot 10^{11}$ Ом.

8.6 Методы измерения сопротивления

Методы измерения сопротивления часто используются для измерения и определения свойств материалов и готовых изделий, особенно в упаковке. В таблице 1 приведены общепринятые пределы

сопротивления, установленные для упаковочных материалов. Таблица аналогична таблице 1 IEC 61340-5-3:2015.

Таблица 1 — Методы испытаний электростатической защитной упаковки

Классификация материала	Метод испытаний[c]	Измеряемый параметр	Установленный предел
Проводящий	IEC 61340-2-3 ANSI/ESD STM 11.13[a]	R_s — поверхностное сопротивление R_v — объемное сопротивление R_{p-p} — сопротивление «от точки до точки»	$< 1 \cdot 10^4$ Ω
Экранирующий от электростатических полей	IEC 61340-2-3[b]	R_s — поверхностное сопротивление R_v — объемное сопротивление	$< 1 \cdot 10^3$ Ω
Рассеивающий	IEC 61340-2-3 ANSI/ESD STM 11.13[a]	R_s — поверхностное сопротивление R_v — объемное сопротивление R_{p-p} — сопротивление «от точки до точки»	$\geq 1 \cdot 10^4$ Ω и $< 1 \cdot 10^{11}$ Ω
Изоляционный	IEC 61340-2-3 ANSI/ESD STM 11.13[a]	R_s — поверхностное сопротивление R_v — объемное сопротивление R_{p-p} — сопротивление «от точки до точки»	$\geq 1 \cdot 10^{11}$ Ω

[a] IEC 61340-2-3 описывает все три метода испытаний для R_s, R_v и R_{p-p}.

[b] IEC 61340-2-3 описывает методы испытаний для определения электрического сопротивления и удельного сопротивления твердых материалов в диапазоне от 10^4 до 10^{12} Ом. При использовании электрода с концентрическим кольцом, описанного в IEC 61340-2-3 для определения поверхностного и объемного сопротивления, электрод возможно использовать для измерения значений сопротивления менее 10^3 Ом. В этом случае испытательное напряжение можно снизить.

[c] Для аттестации упаковочных материалов условия окружающей среды при предварительной выдержке и испытаниях должны составлять (23° ± 2°) С для температуры и относительную влажность (12 ± 3) %. Предварительная выдержка перед измерением должна длиться ≥ 48 часов.

8.7 Испытание экранирующей упаковки

Метод испытаний пакетов и другой упаковки на свойство экранирования описан в IEC 61340-4-8. В этом методе для подачи разрядного импульса напряжением 1000 В используется имитатор МЧТ.

9 Соответствует ли система упаковки своему назначению?

Важно убедиться, что выбранная система будет соответствовать предполагаемому назначению. Это включает оценку защитной способности, чтобы убедиться, что система соответствует требованиям условий транспортирования или хранения. Испытания могут включать в себя проверку защиты от вибрации, нагрева и охлаждения, проникновения влаги и любых других физических характеристик, которые выходят за рамки данного стандарта, но тем не менее их следует учитывать.

10 Новые концепции методов испытаний и направления их развития

10.1 Общие положения

Как было сказано ранее, существующие методы испытаний не позволяют испытывать все формы упаковки. Некоторые формы упаковки слишком малы или имеют сложную форму, что не позволяет использовать испытательные пробники или электроды. Следует отметить, что только контролем или определением электрического сопротивления нельзя решить все проблемы статического электричества. Необходима дополнительная работа для разработки соответствующих методов оценки и методов испытаний для ленточных носителей малого профиля и других упаковочных материалов, используемых для небольших электрических и электронных деталей.

10.2 Метод с одноконтактным электродом

Одноконтактный метод испытаний рассматривается Ассоциацией ESDA (США). Конструкция электрода основана на описании электрода для измерения сопротивления «от точки до точки» в IEC 61340-2-3.

Контактный электрод — это один из пружинных контактов, используемых в том же двухконтактном электроде, описанном в 7.3. Противоэлектрод будет другой частью испытуемого объекта или токопроводящим противоэлектродом, на который будет опираться испытуемый объект (см. рисунки 5 и 6).

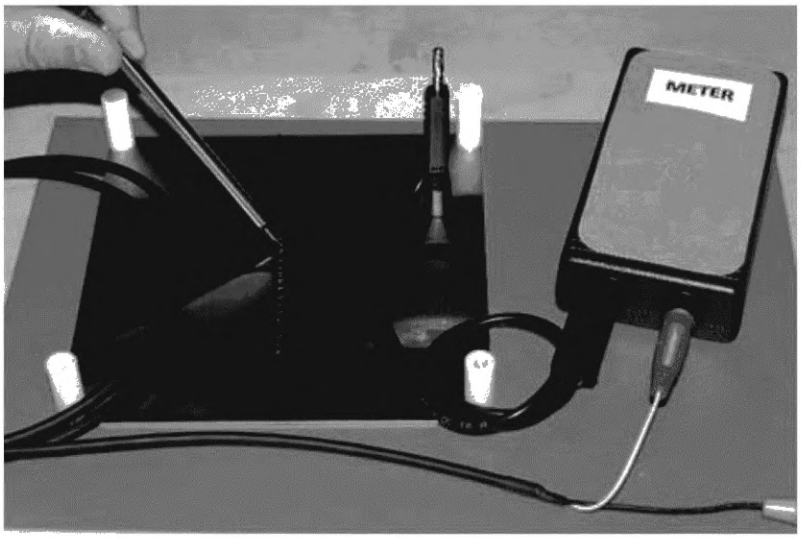


Рисунок 5 — Установка для испытания методом с одноконтактным электродом

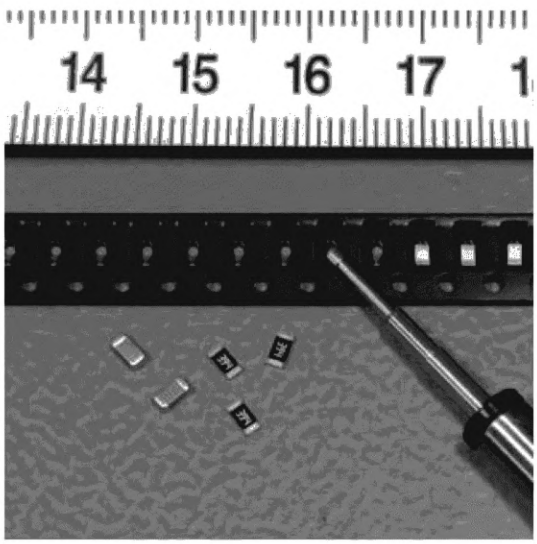


Рисунок 6 — Одноконтактный электрод на ленточном носителе

10.3 Метод параллельных пластин

Концепция испытания при размещении испытуемого объекта, например, полоски несущей ленты, между металлическими пластинами, одна из которых действует как первый измерительный электрод, а другая действует как второй измерительный электрод, обсуждалась на симпозиуме EOS/ESD в 2012 году (см. рисунок 7). Этот метод испытаний в конечном итоге будет подвергнут дальнейшей оценке в рамках нового проекта в рамках рабочей группы 11 «Упаковка ассоциации ESDA».

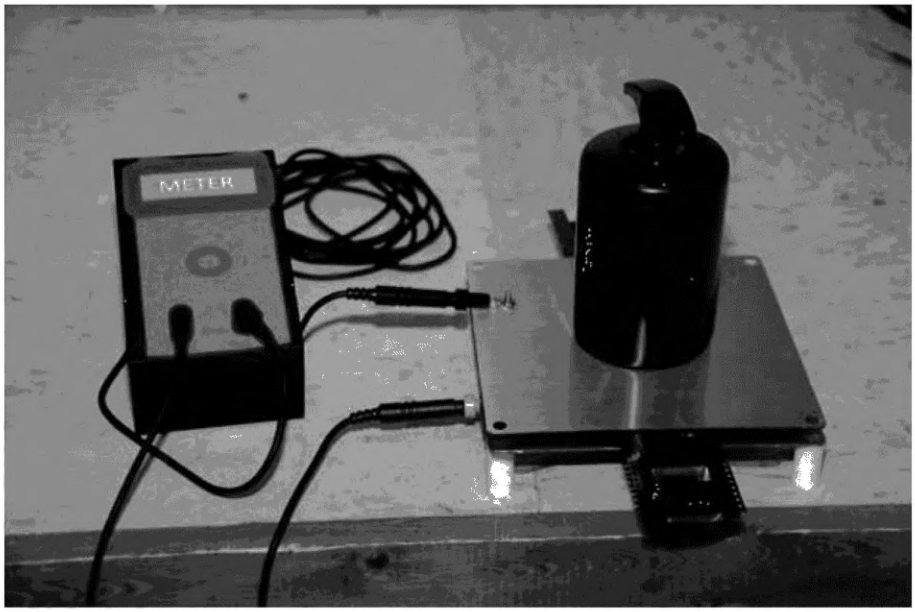


Рисунок 7 — Установка для испытания методом параллельных пластин

10.4 Метод с точечным электродом

Обычные точечные электроды, используемые с омметром, могут применяться для измерения характеристик небольших упаковочных материалов, когда двуконтактный или одноконтактный электроды, описанные выше, не подходят для измеряемой поверхности. При интерпретации результатов требуется осторожность, поскольку укладка материала может быть неравномерной, а результаты могут быть случайными.

10.5 Методы испытаний на экранирование

Испытания упаковки, не являющейся пакетом, на свойства экранирования не разработаны. Лучшим способом оценки такой упаковки могут стать испытания реальных электронных компонентов, когда появляется возможность определить изменения их параметров. Компонент помещают в интересующую упаковку и разряжают электростатический разряд известного уровня на внешнюю часть упаковки. Удаляют компонент и проверяют наличие изменений. Увеличивают потенциал/ток разряда до точки отказа. Это дает пользователю некоторую уверенность в способности пакета обеспечить защиту от внешних разрядов. В качестве альтернативы проводящие и рассеивающие материалы в сочетании с барьером из пространственного или воздушного зазора, описанного в IEC 61340-5-3, могут обеспечивать экранирование для защиты компонентов.

10.6 Методы испытаний на трибоэлектризацию

Для испытания несущей и защитной лент возможно использовать испытательную установку, перемещающую ленту от катушки к катушке, как показано на рисунке 8. Необходимо следить за тем, чтобы катушки с лентой были изолированы друг от друга и от земли, чтобы несущая или защитная ленты обеспечивали единственное физическое соединение между катушками. Заряд может подаваться от источника питания к токопроводящей катушке с одной стороны, а разряд на землю отслеживается с другой катушки, как показано на рисунке 10. Эту же установку возможно использовать для измерения сопротивления между катушками (рисунок 9).

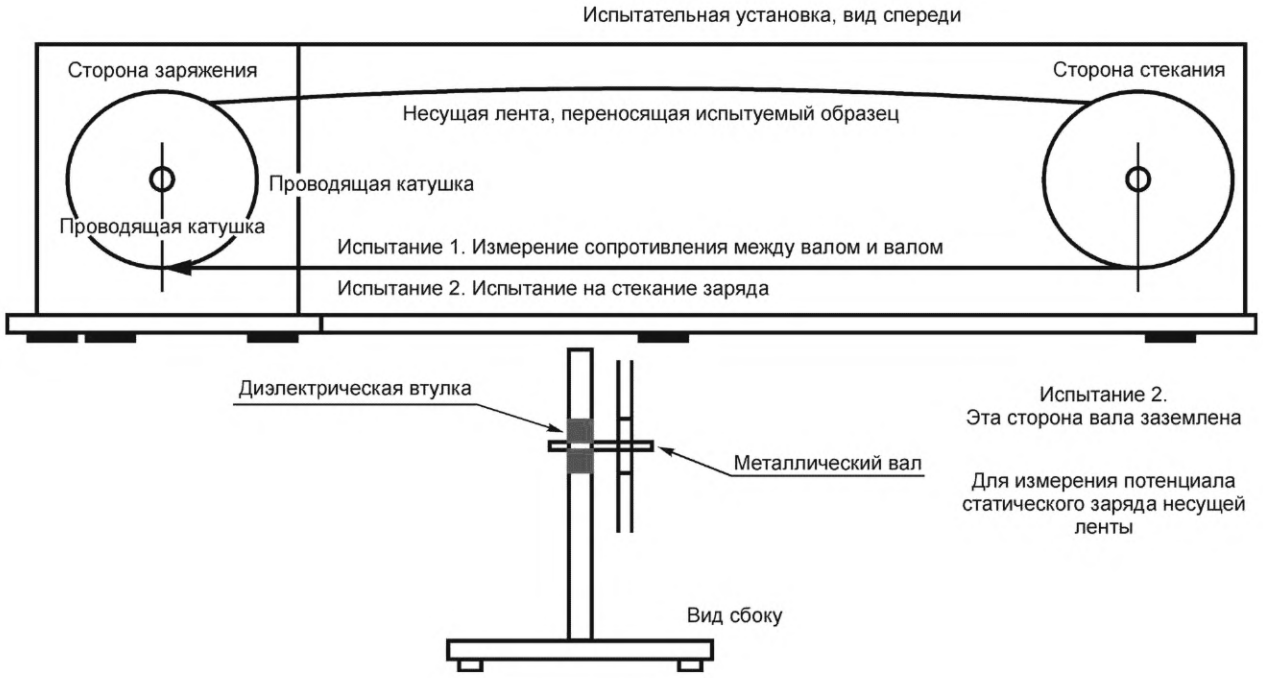


Рисунок 8 — Установка изолированных катушек с лентой

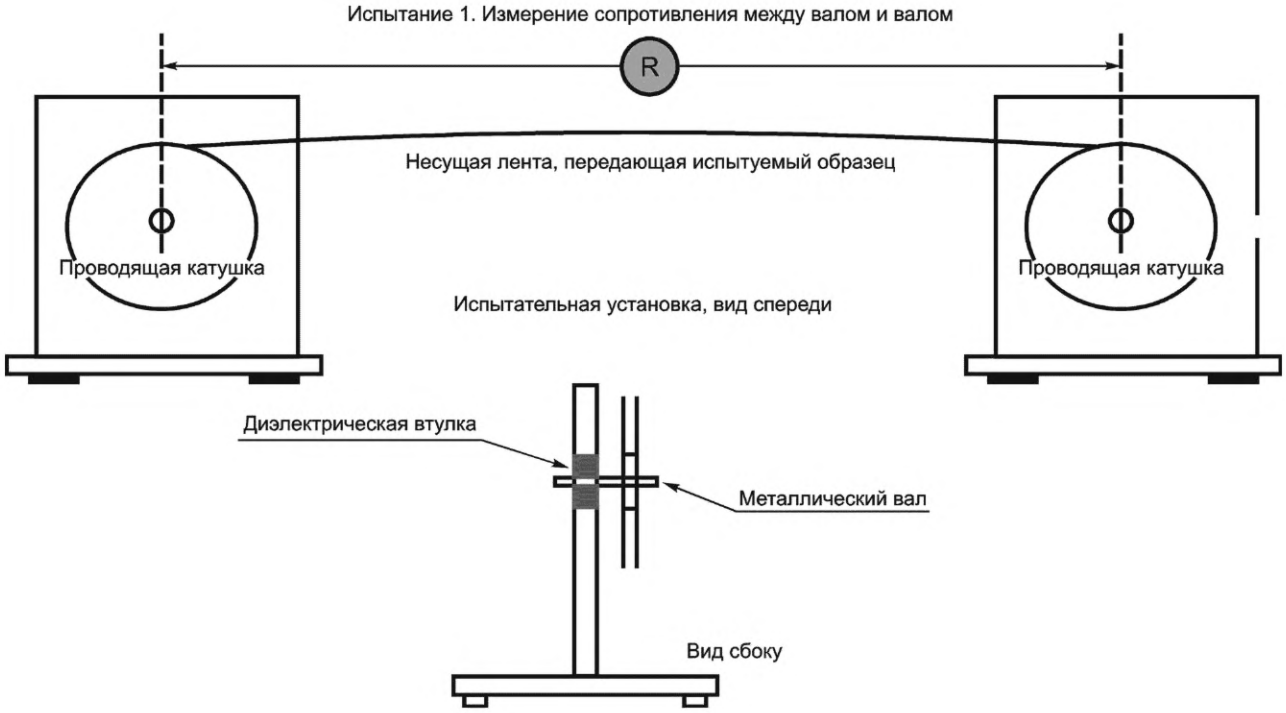


Рисунок 9 — Измерение сопротивления: от катушки к катушке

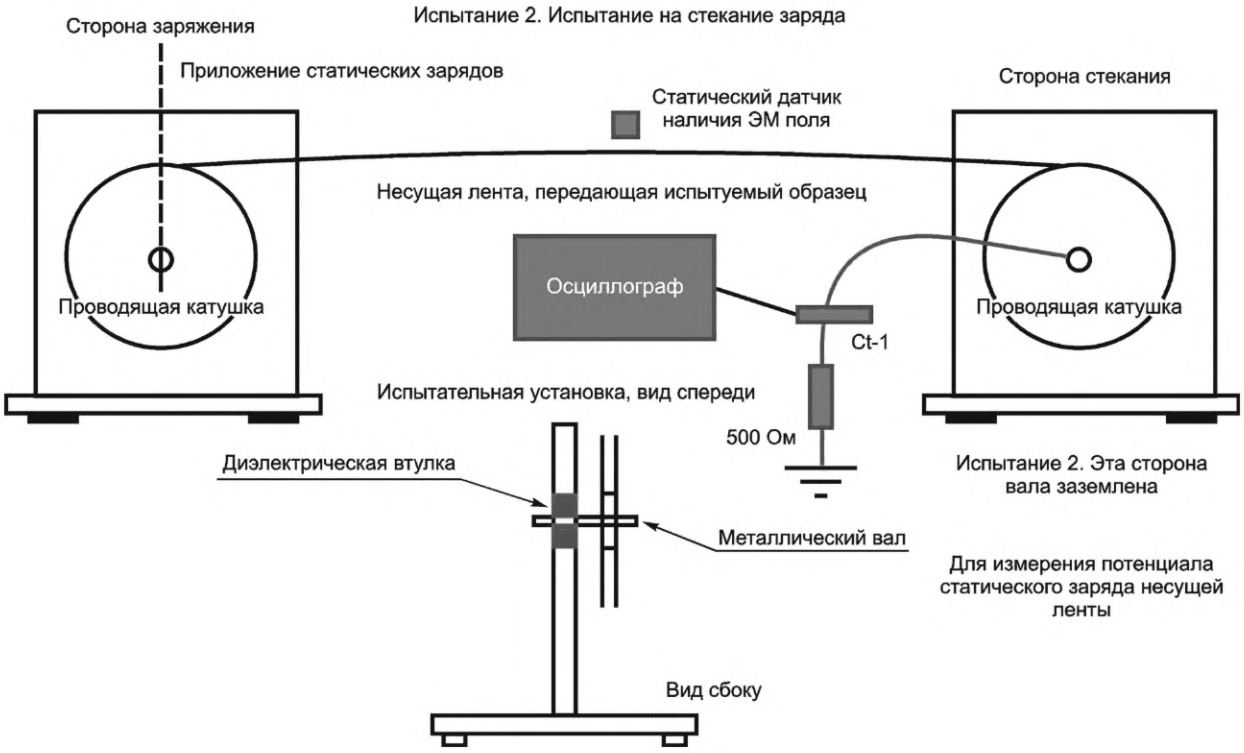


Рисунок 10 — Испытание на стекание заряда: от катушки к катушке

10.7 Заряжение защитной ленты трибоэлектрическим эффектом

Заряжение из-за трибоэлектрического эффекта при снятии защитной ленты можно измерить, как показано на рисунке 11. В испытании описано использование КУЗП. Материал подложки или несущая лента крепится к КУЗП. Защитную ленту снимают с образца (необходимо заранее подготовить несколько образцов) с различной скоростью снятия. Скорость снятия защитной ленты должна имитировать скорость снятия в реальных условиях подъема и перемещения деталей. Результирующее напряжение может быть получено с использованием различных методов записи данных в зависимости от результатов на КУЗП.

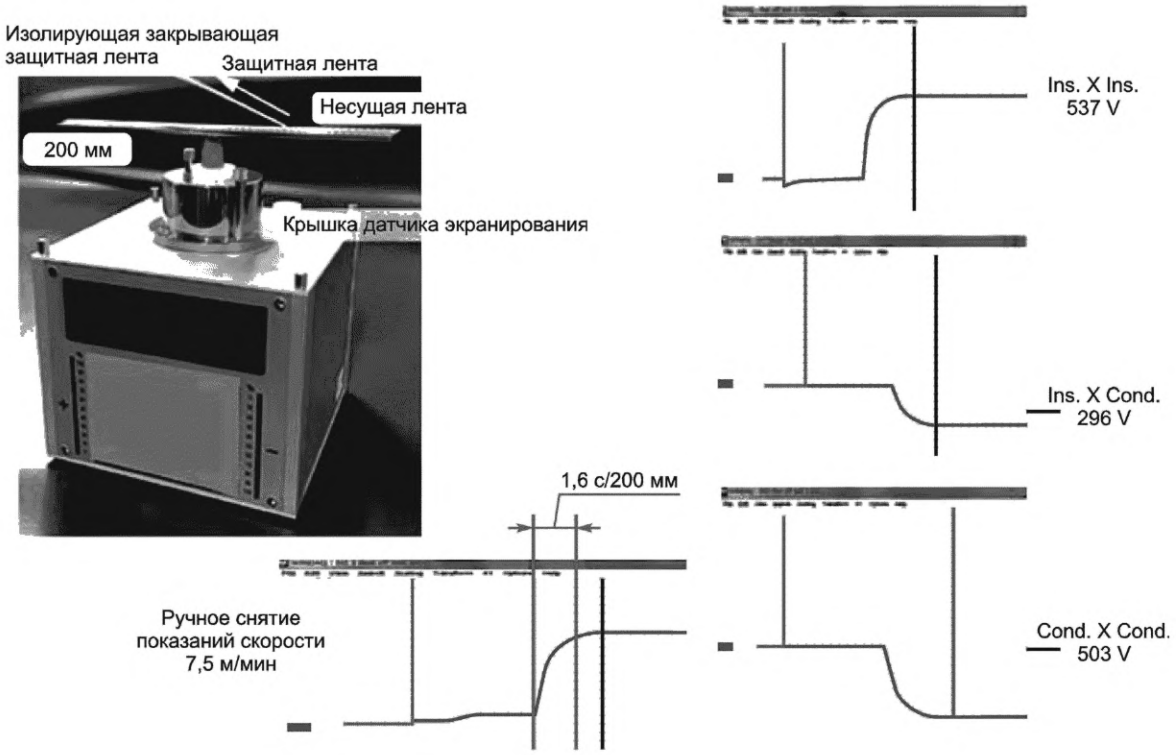


Рисунок 11 — Принципы реализации оценки защитной ленты

10.8 Метод оценки разряжаемости

Измеритель электростатического поля с заряженной пластиной и источником заряда (используемый для оценки ионизаторов воздуха) может быть использован для определения способности упаковочного материала к разряжению (см. рисунок 12). Одна сторона тестируемого упаковочного материала связана с заземлением измерителя электростатического поля, другая сторона находится в контакте с заряженной пластиной (заряженной до > 1 кВ).

Время, необходимое для рассеивания заряда через упаковочный материал, дает достаточное представление о классификации материала. Эта процедура аналогична методу испытаний, описанному в IEC 61340-2-1.

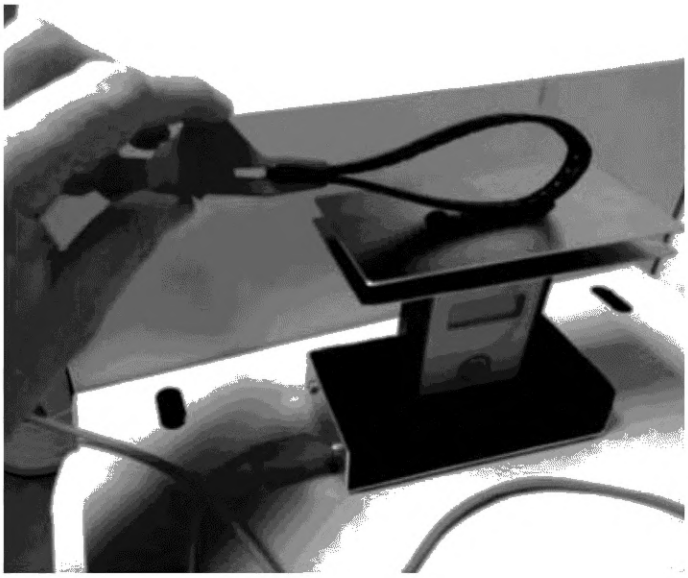


Рисунок 12 — Метод оценки разряжаемости

10.9 Другие методы испытаний на сопротивление упаковки

В нескольких стандартах по методам испытаний для измерения электрического сопротивления поверхностей используются параллельные стержни из проводящего материала, разделенные фиксированными размерами и размещенные на поверхности. Для определения электрического сопротивления измеряют ток между параллельными стержнями. Параллельные стержни могут быть из металла, проводящих эластомеров или покрыты проводящей краской. IEC 60079-32-2 описывает несколько типов электродов. Все они имеют одинаковую геометрию из 100-миллиметровых параллельных полосок, каждая шириной ≥ 1 мм, разделенных расстоянием 10 мм. Конфигурация электродов обычно обеспечивает те же результаты в омах, что и стандартный концентрический кольцевой электрод. Использование электрода с параллельными стержнями может обеспечить более точные результаты, чем другие электроды для измерения сопротивления, когда испытуемый материал имеет неровную или очень твердую поверхность.

По возможности лучше сравнивать результаты, полученные с использованием различных электродов на тестируемой поверхности, чтобы наблюдать, как поверхность реагирует на различные способы подачи тока при проведении измерений.

Приложение А
(справочное)

Формы упаковки и ее типы

А.1 Упаковочные материалы для электронных компонентов

Приложение А содержит общую информацию о различных формах упаковки, используемых для электронных компонентов, и ограничивается следующими формами упаковки: ленты и катушки, формованные лотки, сумки-контейнеры и другие жесткие контейнеры. Предполагается, что другие общие формы упаковки могут быть оценены с использованием существующих методов или тех, которые будут разработаны при работе с настоящим стандартом.

А.2 Несущая лента (ленточный носитель)

Несущая и защитная ленты доступны из самых разных материалов и имеют почти бесконечные варианты профиля. Очень чувствительные компоненты обычно упаковываются в проводящую несущую ленту с рассеивающей/проводящей/экранирующей защитной лентой определенной формы. Некоторые свойства ленты можно оценить с помощью существующих методов измерения сопротивления, например, описанных в 7.3. Несущая лента с тиснением малого профиля, изготовленная из проводящих материалов, не может быть верно оценена с помощью существующих методов испытаний, поскольку электроды слишком большие по размеру. Необходима дополнительная работа для разработки методов испытаний ленты с тиснением малого профиля (см. раздел 10). Примеры различных ленточных носителей малого профиля показаны на рисунке А.1 рядом с линейками, градуированными в миллиметрах для обозначения масштаба.

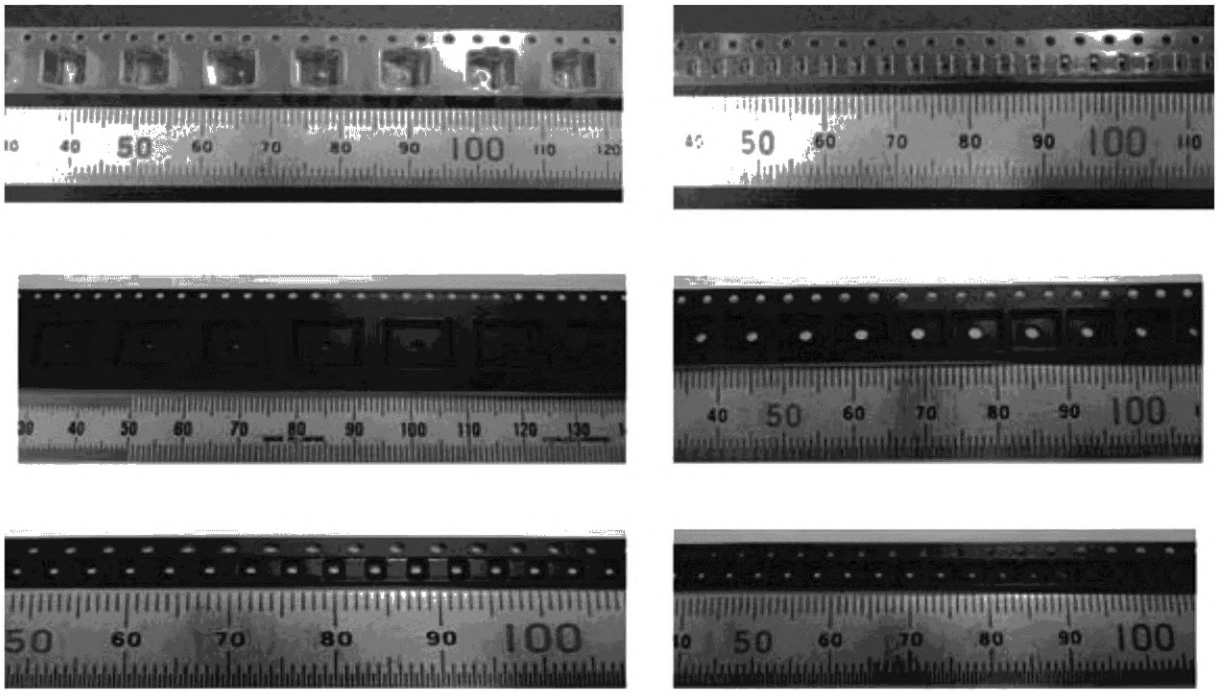


Рисунок А.1 — Примеры ленточных носителей

А.3 Защитная лента

Защитная лента используется для фиксации компонентов в несущей ленте. Для защитной ленты существует меньше вариантов материала, чем для несущей ленты. Существуют также некоторые различия в свойствах материалов, предлагаемых разными производителями защитной ленты. Хорошо известно, что некоторые защитные ленты при снятии могут спровоцировать возникновение достаточного электростатического заряда, чтобы притягивать небольшие детали из профиля к защитной ленте. Это может вызвать серьезные производственные проблемы. Притяжение мелких деталей может происходить из-за возникновения напряженности электростатического поля порядка 1000 В на расстоянии 2,5 см от небольших конденсаторов и резисторов, в настоящее время используемых при производстве печатных плат.

Нужно принимать во внимание, что защитные ленты, даже самые узкие версии, можно оценить с помощью существующих методов измерения электрического сопротивления. Испытания на возникновение заряда также могут быть разработаны (адаптированы) из существующих методов. Наибольшее значение имеет измерение заряда

или электрических полей на защитной ленте при снятии с несущей ленты (рисунок 11). Если защитная лента или клеящие вещества, контактирующие с проводящей несущей лентой, являются проводящими или рассеивающими, а защитная лента заземлена при удалении, то возможно рассеивание любого возникающего заряда. Примеры защитной ленты показаны на рисунках А.2—А.8.

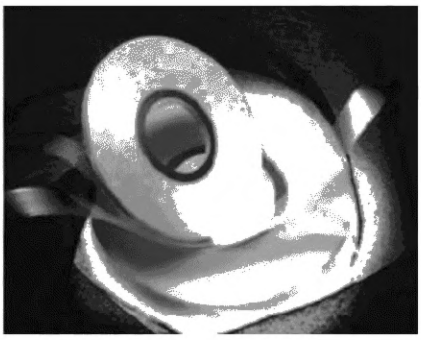


Рисунок А.2 — Защитная лента

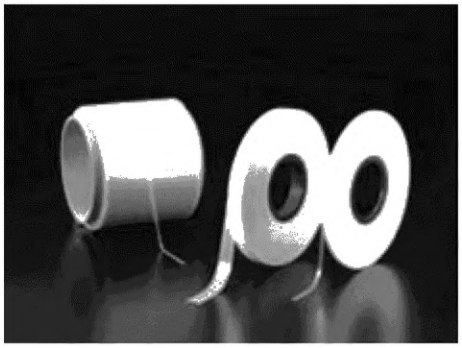


Рисунок А.3 — Защитная лента

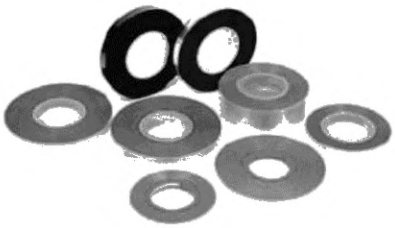


Рисунок А.4 — Защитная лента



Рисунок А.5 — Защитная лента

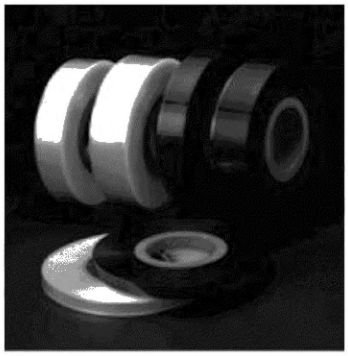


Рисунок А.6 — Защитная лента

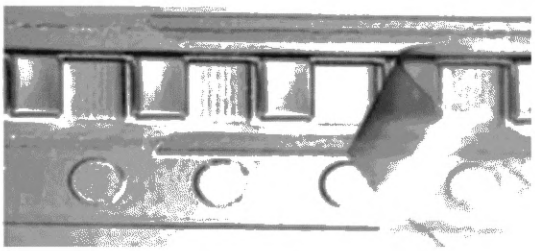


Рисунок А.7 — Защитная лента

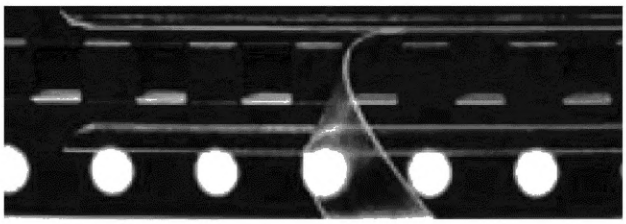


Рисунок А.8 — Защитная лента

А.4 Типы и материалы катушек

Катушки для ленточных носителей доступны во множестве размеров и из различных материалов, включая изоляционные для деталей, не чувствительных к низким уровням электростатики. Для токопроводящих и рассеивающих несущих лент используются проводящие и рассеивающие разновидности катушек. Электрические свойства большинства катушек можно оценить с помощью обычных методов испытаний на сопротивление. Важно, чтобы катушка имела электрический контакт с разматывающим оборудованием, для обеспечения заземления, когда это возможно. В большинстве случаев катушка с несущей лентой будет находиться в кассете, которая обеспечивает заземление при установке в оборудование. Примеры катушек приведены на рисунках А.9—А.12.

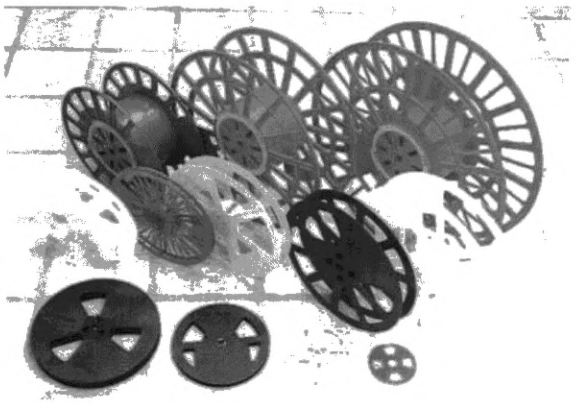


Рисунок А.9 — Катушки

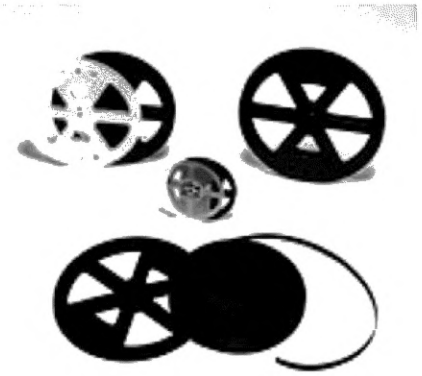


Рисунок А.10 — Катушки

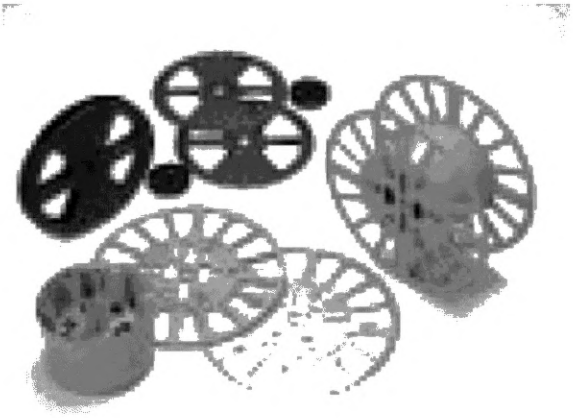


Рисунок А.11 — Катушки



Рисунок А.12 — Катушки

А.5 Литые под давлением лотки

Прецизионные, штамповочные, блистерные, стержневые, вакуумные, матричные и другие типы лотков изготавливаются с помощью методов литья под давлением, чтобы поддерживать точные размеры прецизионных деталей.

На производство поставляют лотки самых разных форм и размеров. Электрические свойства лотков варьируются от изоляционных до проводящих. Контрольные измерения могут вызвать трудности, поскольку некоторые значения свойств очень малы. При испытаниях лотков могут быть проведены испытания с использованием концепции параллельных пластин, описанной в разделе 10. Также могут применяться двухточечные и одноточечные датчики. Примеры лотков показаны на рисунках А.13—А.23.

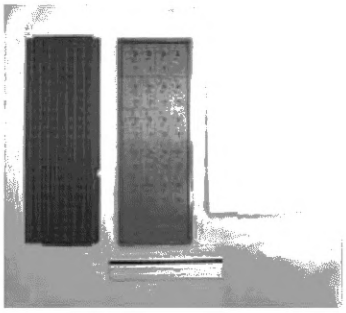


Рисунок А.13 — Лотки

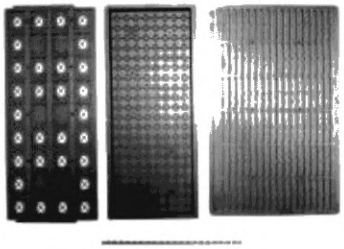


Рисунок А.14 — Лотки

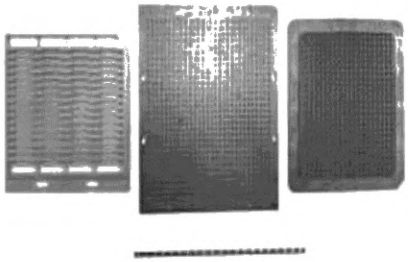


Рисунок А.15 — Лотки

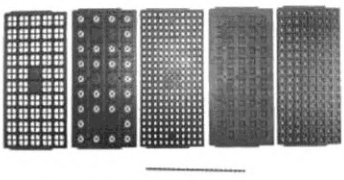


Рисунок А.16 — Лотки

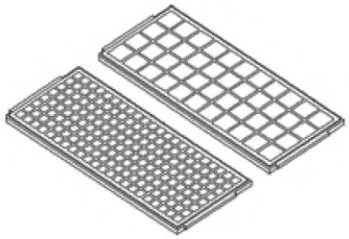


Рисунок А.17 — Лотки

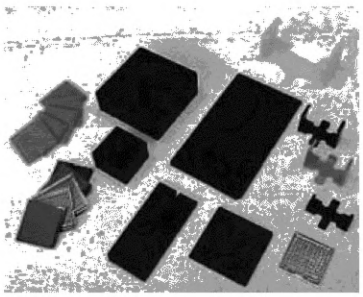


Рисунок А.18 — Лотки

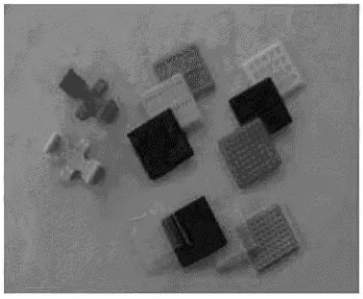


Рисунок А.19 — Лотки

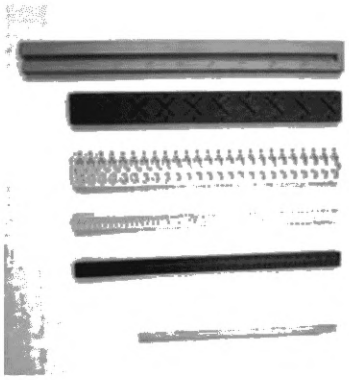


Рисунок А.20 — Лотки

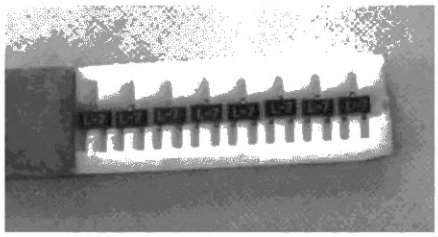


Рисунок А.21 — Лотки

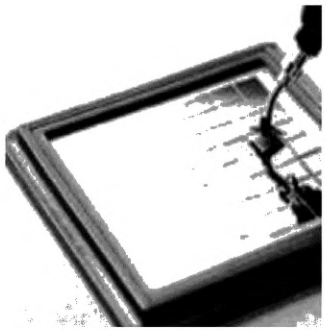


Рисунок А.22 — Лотки

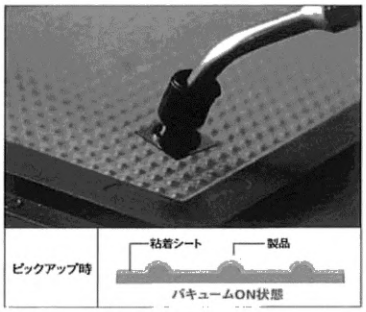


Рисунок А.23 — Лотки

А.6 Пенальные носители, рельсы и другие конфигурации упаковочных материалов

Пенальные носители, рельсы и другие защитные приспособления палочного типа используются для упаковки готовых электронных деталей. Материалы, используемые в этих контейнерах, варьируются от изоляционных до проводящих, включая металлические формы.

Проведение измерений их свойств затруднительно, особенно на внутренних поверхностях. Иногда измерение трибоэлектрического эффекта с использованием компонентов, выдвигающихся из пенального носителя в цилиндр Фарадея, может дать информацию о защитных свойствах пенального носителя или рельса. Для измерения сопротивления можно использовать одноконтактный электрод. Примеры пенальных носителей приведены на рисунках А.24—А.26.

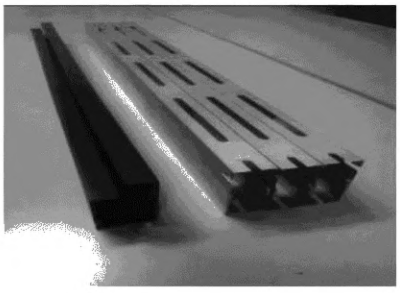


Рисунок А.24 — Пенальные носители

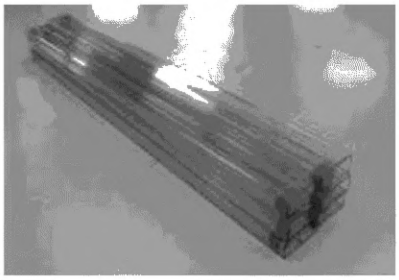


Рисунок А.25 — Пенальные носители

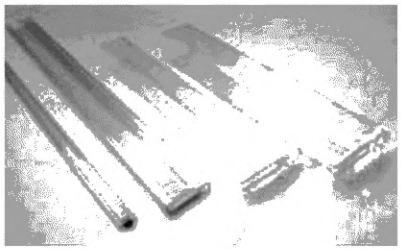


Рисунок А.26 — Пенальные носители

А.7 Раскладной контейнер с разъемом для компонента

Доступны многие формы плоских контейнеров для хранения отдельных или нескольких отдельных компонентов. Обычные измерения сопротивления с использованием электрода с концентрическим кольцом или точечного электрода, как правило, могут успешно использоваться для оценки электрических свойств таких типов контейнеров (см. рисунок А.27).

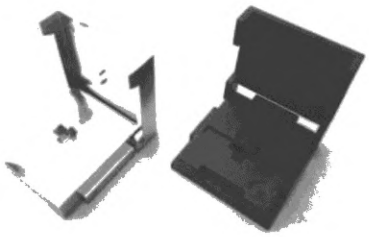


Рисунок А.27 — Плоские раскладные контейнеры

А.8 Пакеты

Самыми распространенными упаковками, используемыми для электростатического контроля, являются пакеты. Самый распространенный тип пакета — это металлизированный пакет для защиты от электростатического разряда, показанный на рисунке А.28.

Варианты этих пакетов также включают типы с влагонепроницаемым покрытием, а также с покрытием низкой заряжаемости. Электрические свойства пакетов, пленок, обертки и листовых изделий можно измерить с помощью обычного оборудования и методов, включая методы измерений поверхностного сопротивления, удельного поверхностного сопротивления и экранирования от ЭСР. Единственные типы упаковки, которые нельзя испытать обычными средствами, — это очень маленькие пакеты, для которых не подходят электроды. Для таких пакетов можно использовать двухконтактный или одноконтактный электрод. Примеры пакетов показаны на рисунках А.28—А.30.



Рисунок А.28 — Экранирующий электростатический разряд-пакет

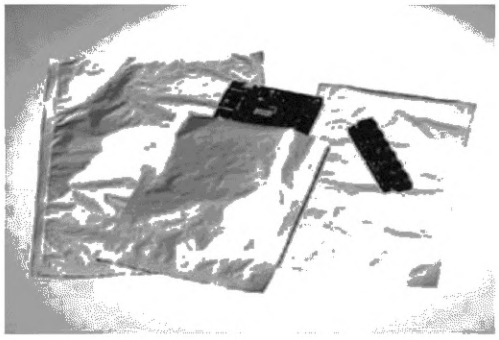


Рисунок А.29 — Влагонепроницаемая защита — пакет с металлическим слоем



Рисунок А.30 — Влагонепроницаемая защита — пакет с металлизированным покрытием

А.9 Ящики и другие жесткие контейнеры

Контейнеры для больших грузов доступны во многих формах, размерах и материалах — от изоляционных до токопроводящих. Чаще всего для оценки этих контейнеров используют обычное электрическое измерительное оборудование. Примеры ящиков и жестких контейнеров показаны на рисунках А.31 и А.32.

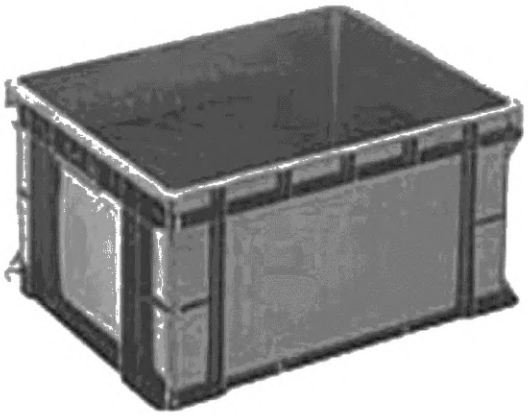


Рисунок А.31 — Ящик

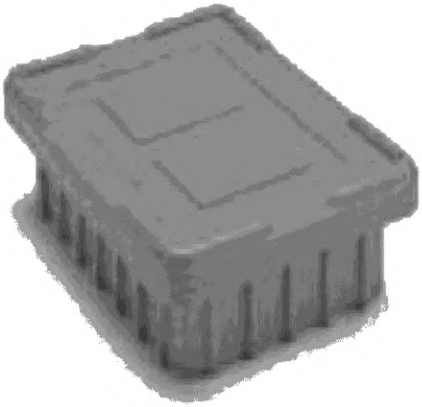


Рисунок А.32 — Жесткий контейнер

Библиография

[1] IEC 60079-32-2 Explosive atmospheres — Part 32-2: Electrostatics hazards — Tests (Взрывоопасные среды. Часть 32-2. Электростатика. Опасные проявления. Методы испытаний)

[2] IEC 60286-1 Packaging of components for automatic handling — Part 1: Tape packaging of components with axial leads on continuous tape (Компоновка компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 1. Компоновка компонентов с аксиальными выводами на непрерывных лентах-носителях)

[3] IEC 60286-2 Packaging of components for automatic handling — Part 2: Tape packaging of components with unidirectional leads on continuous tapes (Компоновка компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 2. Компоновка компонентов с однонаправленными выводами на непрерывных лентах-носителях)

[4] IEC 60286-3 Packaging of components for automatic handling — Part 3: Packaging of surface mount components on continuous tapes (Компоновка компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 3. Компоновка компонентов поверхностного монтажа на непрерывных лентах-носителях)

[5] IEC 60286-4 Packaging of components for automatic handling — Part 4: Stick magazines for electronic components encapsulated in packages of different forms (Компоновка компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 4. Контейнеры для электронных компонентов продолговатых размеров, выполненные в корпусах различных форм)

[6] IEC 60286-5 Packaging of components for automatic handling — Part 5: Matrix trays (Компоновка компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 5. Матричные лотки)

[7] IEC 60286-6 Packaging of components for automatic handling — Part 6: Bulk case packaging for surface mounting components (Компоновка в корпусе компонентов при автоматической подаче и перемещении. Часть 6. Монтаж в корпусе компонентов поверхностного монтажа)

[8] IEC 61340-2-1 Electrostatics — Part 2-1: Measurement methods — Ability of materials and products to dissipate static electric charge (Электростатика. Часть 2-1. Методы измерения. Способность материалов и изделий рассеивать электростатические разряды)

[9] IEC TR 61340-2-2 Electrostatics — Part 2-2: Measurement methods — Measurement of chargeability (Электростатика. Часть 2-2. Методы испытаний. Способность материалов накапливать электростатические заряды)

[10] IEC TR 61340-2-3 Electrostatics — Part 2-3: Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid materials used to avoid electrostatic charge accumulation (Электростатика. Часть 2-3. Методы определения электрического сопротивления твердых плоских материалов, используемых с целью предотвращения накопления электростатического заряда)

[11] IEC 61340-4-8 Electrostatics — Part 4-8: Standard test methods for specific applications — Electrostatic discharge shielding — Bags (Электростатика. Часть 4-8. Методы испытаний для прикладных задач. Экранирование электростатического разряда. Пакеты)

[12] IEC 61340-5-1 Electrostatics — Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — General requirements (Электростатика. Часть 5-1. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Общие требования)

[13] IEC 61340-5-3:2015 Electrostatics — Part 5-3: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — Properties and requirements classification for packaging intended for electrostatic discharge sensitive devices (Электростатика. Часть 5-3. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Классификация свойств и требований для упаковки, предназначенной для устройств, чувствительных к электростатическому разряду)

[14] ANSI/ESD S20.20 Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices) [Защита электрических и электронных деталей, сборок и оборудования (исключая электровзрывные устройства)]

[15] ANSI/ESD S541 ESD Association Standard for the Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items — Packaging Materials for ESD Sensitive Items (Стандарт Ассоциации по защите от электростатических разрядов. Упаковочные материалы для ЧЭСР-компонентов)

[16] ANSI/ESD STM 11.13 Two-Point Resistance Measurement of Dissipative and Insulative Materials (Двухточечное измерение сопротивления рассеивания и изоляции. Материалы)

[17] FTSMS 101C Federal test method standard: test procedures for packaging materials (Федеральный стандарт методов испытаний. Методы испытаний упаковочных материалов)

[18] MIL PRF 81705 (E) (Film) Department of Defence — Performance Specification — Barrier Materials, Flexible, Electrostatic Discharge Protective, Heat-sealable (Министерство обороны. Спецификация производственных характеристик. Барьерные материалы, гибкая упаковка, защита от электростатических разрядов, термопечать)

[19] MIL PRF 131 Department of Defence — Performance Specification — Barrier Materials, Watervaporproof, Greaseproof, Flexible, Heat-sealable (Министерство обороны. Спецификация производственных характеристик. Барьерные материалы, водонепроницаемость, жиронепроницаемость, гибкая упаковка, термопечать)

[20] MIL-STD-3010 Department of Defence — Test Method Standard: Test Procedures for Packaging Materials (Министерство обороны. Стандарт на методы испытаний. Методы испытаний для упаковочных материалов)

УДК 621.315.611:006.35 МКС 17.200.99 29.020 IDT

Ключевые слова: электростатика, электростатический разряд, защита от электростатического разряда, упаковка, экранирование, методы испытаний, производство электроники

Редактор *Т.И. Магала*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 11.05.2022. Подписано в печать 18.05.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,28.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru