ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53734.3.3— 2016

Электростатика

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ РАЗРЯД. МОДЕЛЬ ЗАРЯЖЕННОГО УСТРОЙСТВА (МЗУ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Диполь» (АО «Научно-производственная фирма «Диполь»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 072 «Электростатика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 июля 2016 г. № 797-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

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 2
4 Классификация компонентов по ЭСР модели МЗУ 2
5 Оборудование 2
5.1 Метод прямой зарядки 2
5.2 Метод индуктивной зарядки 3
5.3 Метод разрядки 3
5.4 Устройство для испытаний на устойчивость к ЭСР по модели заряженного устройства 3
5.5 Оборудование для измерения формы импульса 4
6 Проверка оборудования 5
6.1 Калибровка измерительного оборудования 5
6.2 Квалификация испытательного устройства 6
6.3 Регистрация формы создаваемого импульса 6
6.4 Требования по проверке формы импульса ЭСР 6
6.5 Процедура подтверждения соответствия испытательного устройства 6
6.6 Процедура оценки соответствия формы импульса ЭСР 7
7 Процедура испытаний 8
7.1 Требования к проведению испытаний 8
7.2 Классификация образцов на устойчивость к ЭСР 9
7.3 Критерии классификации 11
Приложение А (справочное) Рекомендации по проведению испытаний. Бесконтактный разряд 14
Приложение Б (справочное) Физические и электрические характеристики проверочных модулей 15
Приложение В (справочное) Рекомендации по обращению и очистке образцов испытаний, проверочных модулей и испытательного устройства 16
Библиография 17

Введение

Модели электростатического разряда (далее — ЭСР), описанные в ГОСТ Р 53734.3.1 и ГОСТ Р 53734.3.2, описывают ЭСР, которые происходят с заряженного предмета на чувствительный к ЭСР компонент (далее — ЧЭСР). Однако в связи с возрастающим объемом использования автоматизированных систем обработки компонентов в последнее время все чаще приобретает важность другой потенциально опасный механизм разряда — модель заряженного устройства (далее — МЗУ). Компонент в модели МЗУ заряжается [например, скользя по поверхности (трибоэлектризация) или с помощью электростатической индукции электрического поля] и стремительно разряжается аналогично любому проводнику.

Точно определить наступление момента разряда с заряженного устройства представляется чрезвычайно сложным либо невозможным по причине инерционности измерительного оборудования и его влияния на процесс разрядки. Процесс разряда по модели заряженного устройства длится чаще всего несколько наносекунд и при этом наблюдается максимальный ток до десятков ампер. Пиковый ток, присутствующий в ЧЭСР, существенным образом зависит от большого количества факторов, включая тип корпуса интегральной схемы. Последствиями ЭСР по модели МЗУ могут быть различные нарушения. Наиболее распространено повреждение изоляционного слоя.

Чувствительность компонента к ЭСР по модели МЗУ зависит от типа корпуса. Кристалл интегральной схемы (далее — ИС), находящийся в малогабаритном корпусе (SOP), может быть в большей степени восприимчив к повреждению МЗУ по сравнению с кристаллом в корпусе с двухрядным расположением выводов (DIL). Минимальный порог чувствительности имеют ИС в тонких малогабаритных корпусах (TSOP) или в плоских корпусах с матричным расположением штырьковых выводов (PGA).

Порог чувствительности компонента к ЭСР по модели МЗУ играет определяющую роль для разработки рекомендаций по защите. При выполнении обычных рекомендаций по ГОСТ Р 53734.5.1 не возникает проблем с применением компонентов с порогом чувствительности 1000 В и более, при пороге 500 В и менее разрушительные последствия могут иметь место. Применение современного подхода к организации средств электростатической защиты делает ее эффективной даже при пороге чувствительности компонентов 250 В и менее.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Электростатика

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ РАЗРЯД. МОДЕЛЬ ЗАРЯЖЕННОГО УСТРОЙСТВА (МЗУ)

Electrostatics. Methods for simulation of electrostatics. Electrostatic discharge. Charged device model (CDM)

Дата введения — 2017—01—01

1 Область применения

Данная часть стандарта ГОСТ Р 53734 описывает формы импульсов тока разряда, используемые для моделирования электростатических разрядов по модели заряженного устройства и основные требования к оборудованию для их воспроизведения и измерения.

Стандарт устанавливает МЗУ для использования в методах испытаний устройств, материалов, электронных компонентов с целью определения их устойчивости к воздействию ЭСР и для целей оценки эффективности способов защиты. Применение стандартизованной модели ЭСР обеспечивает сопоставимость результатов испытаний и сравнение пороговых напряжений ЭСР с электронных компонентов.

Установленные в настоящем стандарте формы импульсов не следует использовать при испытаниях работающих электронных систем на электромагнитную совместимость. Этот случай рассмотрен в стандарте ГОСТ 30804.4.2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 30804.4.2 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 53734.3.1 (МЭК 61340-3-1:2006) Электростатика. Методы моделирования электростатических явлений. Электростатический разряд. Модель человеческого тела

ГОСТ Р 53734.3.2 (МЭК 61340-3-2:2006) Электростатика. Методы моделирования электростатических явлений. Электростатический разряд. Модель механического устройства

ГОСТ Р 53734.5.1 (МЭК 61340-5-1:2007) Электростатика. Защита электронных изделий от электростатических явлений. Общие требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 53734.3.1, ГОСТ Р 53734.3.2, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **модель заряженного устройства**; МЗУ (charge device model; CDM): Модель воздействия электростатическим разрядом, которая приближенно создает явление разряда, возникающее, когда заряженный компонент быстро разряжается на другой объект с более низким электростатическим потенциалом через сигнальный штырь или контакт.

3.2 **устройство для испытаний образца на устойчивость к ЭСР** (tester): Оборудование, состоящее из средств измерений, испытаний и вспомогательных устройств, которое имитирует явление электростатического разряда по модели МЗУ на образец чувствительного к ЭСР компонента.

3.3 **пластина возбуждения** (field plate): Проводящая пластина, используемая для увеличения потенциала испытуемого образца путем установления емкостной связи.

3.4 **пластина заземления** (ground plate): Проводящая пластина, используемая для образования контура, предназначенного для заземления и разрядки испытуемого образца.

4 Классификация компонентов по ЭСР модели МЗУ

Компоненты, чувствительные к ЭСР (ЧЭСР), классифицируются в соответствии с пороговым напряжением при ЭСР, генерируемым в соответствии с настоящим стандартом. Классификационные уровни компонентов, чувствительных к ЭСР, при использовании модели заряженного устройства представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Классификационные уровни компонентов, чувствительных к ЭСР, при использовании модели заряженного устройства

Класс	Диапазон напряжения
C1	< 125 В
C2	от 125 до < 250 В
C3	от 250 до < 500 В
C4	от 500 до < 1000 В
C5	от 1000 до < 1500 В
C6	от 1500 до < 2000 В
C7	≥ 2000 В

Примечание — При создании напряжения свыше 1500 В в зависимости от геометрических размеров корпуса компонента может возникать эффект короны, ограничивающий фактическое предразрядное напряжение и разрядный ток.

5 Оборудование

Для создания потенциала компонента с целью последующего разряда по модели заряженного устройства возможно применять метод прямой или индукционной зарядки.

5.1 Метод прямой зарядки

Компонент, подвергающийся проверке, помещают на пластину возбуждения и заряжают через штырь, который наилучшим образом создает гальванический контакт с подложкой либо основным материалом компонента, или посредством одновременного использования всех штырей. Общее зарядное сопротивление (см. рисунок 1) должно составлять не менее 100 МОм. Контакт с зарядным штырем должен устанавливаться до начала повышения напряжения. Каждый штырь разряжается поочередно (включая штыри источника электропитания и заземления), за исключением штырей, подсоединенных к подложке. Повторно заряжайте компонент после разрядки каждого штыря.

Для предотвращения возможного повреждения компонента необходимо предпринять меры предосторожности для обеспечения нахождения зарядного механизма и компонента на потенциале земли перед началом выполнения предварительного подключения. Не менее 1 МОм зарядного сопротивления должно физически подаваться в непосредственной близости к зарядному штырю с целью исключения воздействия остаточного заряда на линию зарядки. Допускается размещение зарядного зонда на зарядном штыре в ходе процесса зарядки при условии соблюдения требований, касающихся форм импульса и изложенных в разделе 7.

5.1.1 Модули с несколькими кристаллами или иные специальные компоненты (например, КНС-структура, КНД-структура или гибридные ИС) должны заряжаться через общий штырь источника питания для того, чтобы весь компонент имел зарядный потенциал.

Примечание — Для модулей с несколькими кристаллами, которые не имеют общего штыря, не рекомендуется использование метода прямой зарядки.

5.1.2 Если вы не знакомы с технологическим процессом, заряжайте компонент через подложку или штырь заземления. Ведите записи по использованию зарядных штырей при составлении отчетов о полученных результатах.

5.1.3 Диэлектрический слой — это непроводящий или изоляционный материал, используемый для создания емкостной цепи между пластиной возбуждения и испытуемым образцом.

5.2 Метод индуктивной зарядки

Поместите испытуемый компонент на пластину возбуждения. Увеличьте потенциал компонента путем увеличения потенциала пластины возбуждения. Разрядите устройство через один штырь. Повторяйте выполнение действий до тех пор, пока все штыри будут подвергаться нагрузке, включая все штыри источника питания.

5.2.1 Размер пластины возбуждения (как минимум более чем в семь раз превышающий размер испытуемого компонента) должен быть таковым, чтобы характеристика формы импульса соответствовала требованиям, изложенным в разделе 7. Пластину возбуждения следует соединять с источником электропитания или землей через резистор, сопротивление которого превышает 100 МОм (см. рисунок 1).

5.2.2 Размер пластины заземления должен быть таковым, чтобы она полностью закрывала все устройство во время испытания устойчивости любого из штырей с допустимым пределом по размеру принимаемых во внимание краевых полей.

5.2.3 Толщина диэлектрического слоя, покрывающего пластину возбуждения, должна быть не менее 130 микрон (мкм), так как наличие диэлектрика уменьшает емкость на корпус между компонентом и пластиной возбуждения, что оказывает влияние на ток разряда. Примите все необходимые меры для того, чтобы компоненты не заряжались до начала проведения испытаний.

5.3 Метод разрядки

Бесконтактный метод разрядки описан в приложении А.

5.4 Устройство для испытаний на устойчивость к ЭСР по модели заряженного устройства

На рисунке 1 показана принципиальная схема проверки при проведении испытаний на устойчивость к электростатическому разряду модели заряженного устройства индуцированным методом. Устройство должно обеспечивать требования по характеристикам форм импульса, установленным на рисунках 4 и 5 и в таблицах 3 и 4. К1 — переключатель между зарядкой пластины возбуждения и ее заземлением.

Примечание — При составлении схемы размещения используемого испытательного оборудования следует минимизировать влияние паразитных эффектов в каналах зарядки и разрядки, так как паразитные сопротивления индуктивности и электрической емкости (RLC) оборудования существенным образом влияют на результаты проведенных испытаний.

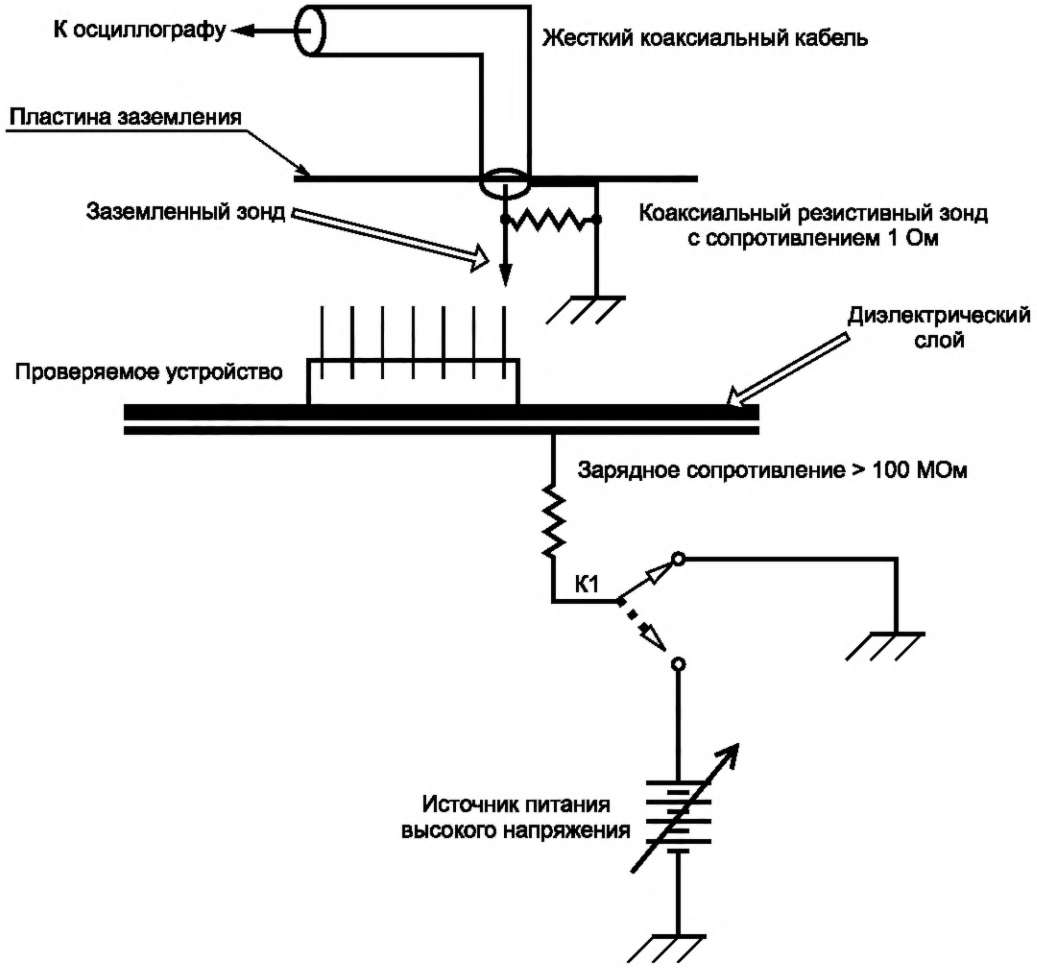


Рисунок 1 — Схема устройства для испытаний на устойчивость к ЭСР по модели заряженного устройства

5.5 Оборудование для измерения формы импульса

5.5.1 Оборудование для измерения формы импульса с частотой 3,0 ГГц

5.5.1.1 Осциллограф

Осциллограф или цифровой преобразователь переходного процесса с шириной полосы 3 децибела, работающий в режиме реального времени (однократно) с частотой не менее 3,0 ГГц и с частотой выборки > 20 млрд выборок в секунду, номинальным входным импедансом 50 Ом.

Примечание — Ширина полосы и частота выборки влияют на наблюдаемую форму импульса. Использование различных осциллографов с отличной друг от друга шириной полосы (длительностью времени нарастания импульса) допустимо только в тех случаях, когда предусматривается соответствующая фильтрация (программными и аппаратными средствами) для получения ширины полосы и частоты выборки, соответствующей данным, указанным выше.

5.5.1.2 Аттенюатор

Аттенюатор с погрешностью 0,1 дБ при 18,0 ГГц, точностью коэффициента затухания 5 % и импедансом 50 ± 3 Ом.

5.5.1.3 Зонд

Коаксиальный резистивный зонд или индуктивный датчик тока, имеющие не менее пятикратной полосы пропускания осциллографа (или 18,0 ГГц, в зависимости от того, что меньше).

5.5.1.4 Кабельные сборки

Кабельные сборки, имеющие потери не более 0,4 дБ при частотах, составляющих не более 18,0 ГГц, и импедансе 50 ± 2 Ом.

5.5.2 Оборудование для измерения формы импульса с частотой 1,0 ГГц

5.5.2.1 Осциллограф

Осциллограф или цифровой преобразователь переходного процесса с шириной полосы 3 децибела, работающий в режиме реального времени (однократно) с частотой не менее 1,0 ГГц и номинальным входным импедансом 50 Ом. Частота выборки должна составлять не менее пятикратного значения ширины полосы осциллографа.

5.5.2.2 Аттенюатор

Аттенюатор с погрешностью ± 0,1 дБ при пятикратном размере ширины полосы относительно измеренного значения, точностью коэффициента затухания 5 % и импедансом 50 ± 3 Ом.

5.5.2.3 Зонд

Коаксиальный резистивный зонд или индуктивный датчик тока, имеющие не менее пятикратной ширины полосы используемого осциллографа.

5.5.2.4 Кабельные сборки

Кабельные сборки, имеющие потери не более 0,1 дБ при частотах, составляющих не более пятикратного значения по ширине полосы используемого осциллографа и импедансе 50 ± 2 Ом.

5.5.3 Проверочные модули

Два позолоченных или никелированных протравленных медных диска на одностороннем изоляционном материале для печатных плат. Справочная информация приведена в приложении Б. Для печатных плат может использоваться материал FR-4 или RF-35. Каждый диск должен протравливаться в центральной части квадрата из изоляционного материала. Емкость большего диска должна составлять 30 пФ ± 5 %. Емкость меньшего диска должна составлять 4,0 пФ ± 5 %. Емкость измеряется не металлизированной (не дисковой) стороной проверочных модулей при создании плотного контакта с металлической поверхностью заземленной пластины возбуждения. Конструкция проверочного модуля показана на рисунках 6 и 7. Технические характеристики проверочных модулей представлены в таблице 5.

Примечания

1 Емкость модуля должна измеряться в соответствии с установленной процедурой при частоте 1 МГц. Нельзя использовать модули, не соответствующие требованиям предельно допустимых норм для значения емкости.

2 Материал FR-4 (сокращение для значения «не поддерживающий горения») представляет собой диэлектрический (изоляционный) материал, в состав которого входит стеклоэпоксид, поглощающий влагу. Диэлектрическая постоянная данного материала определяет емкость модуля. Так как считается, что указанный материал чувствителен к влаге, следует организовать хранение модуля в среде с низким содержанием влаги в течение всего времени его простоя. Кондиционирование и просушка могут применяться для того, чтобы обеспечить приемлемый уровень содержания влаги в имеющейся среде. Несоблюдение требований по условиям хранения устройства может привести к тому, что параметры форм импульса (например, пиковые токи) могут находиться за пределами необходимых значений. Материал RF-35 (сокращение для значения «радиочастота») не является чувствительным к влаге, и поэтому указанный материал не требует хранения в среде с низким содержанием влаги.

3 Следует учитывать, что материалы (FR-4 и RF-35) имеют различные свойства.

5.5.4 Измеритель емкости

Измеритель емкости с разрешением 0,2 пФ, погрешностью 3 % и частотой измерения 1,0 МГц.

5.5.5 Омметр

Омметр, используемый для измерения сопротивления коаксиального резистивного зонда, должен позволять осуществлять измерения в диапазоне 1,00 ± 0,01 Ом. Рекомендуется использовать 4-проводное подключение.

6 Проверка оборудования

6.1 Калибровка измерительного оборудования

Выполняйте калибровку измерительного оборудования в соответствии с рекомендациями изготовителя и с интервалом между калибровками один год. В перечень калибруемого оборудования входят осциллограф, аттенюатор, датчик тока, коаксиальный резистивный зонд, измеритель емкости и проверочный(е) модуль(и). Калибровка должна проводиться в соответствии с действующим в Российской Федерации порядком.

6.1.1 Емкость проверочных модулей

6.1.1.1 Расположите не металлизированную не дисковую (диэлектрическую) сторону проверочного модуля 4,0 пФ, создавая плотный контакт с металлической поверхностью заземленной пластины возбуждения. Убедитесь в отсутствии воздушного зазора между модулем и пластиной возбуждения.

6.1.1.2 Измерьте емкость модуля относительно заземленной пластины возбуждения с помощью измерителя емкости. Величина емкости проверочного модуля должна находиться в диапазоне, установленном в 5.5.3.

6.1.1.3 Повторите действия 6.1.1.1, используя проверочный модуль 30 пФ на заземленной пластине возбуждения.

Примечание — Убедитесь в отсутствии неровностей на дисках, которые могут возникать в процессе изготовления. Удовлетворение данного требования необходимо для недопущения электрического пробоя по периметру.

6.2 Квалификация испытательного устройства

Выполните проверку устройства для испытаний компонента на устойчивость к ЭСР по модели заряженного устройства, являющуюся частью первоначальных приемочных испытаний и проводимую по стандартной методике в соответствии с рекомендациями изготовителя. Максимальный интервал между полными квалификационными испытаниями составляет один год. Порядок выполнения действий по определению пригодности устройства для контроля за ЭСР модели заряженного устройства указан в 6.5. Периодическая проверка на соответствие форм импульса должна осуществляться в соответствии с требованиями, изложенными в 6.4.

Примечание — Ввиду высокой стоимости оборудования для измерения параметров, характеризующих форму импульса, возможно использование разрядной головки, разрешенной производителем, и использование монитора с более узкой шириной полосы для проверки на соответствие форм импульса в соответствии с данными, представленными в 5.5.2.

6.3 Регистрация формы создаваемого импульса

Зарегистрируйте положительные и отрицательные формы импульса во время проведения предварительных испытаний тестера. Записи форм импульса необходимы в соответствии с процедурой по подтверждению соответствия устройства для испытаний. Сохраняйте записи форм импульса до тех пор, пока не будет проведена следующая калибровка или в течение времени, устанавливаемого внутренними требованиями по ведению документации.

6.4 Требования по проверке формы импульса ЭСР

Периодически регистрируйте форму импульса ЭСР с помощью проверочных модулей, представленных в 5.5.3. Максимальное время между двумя проверками должно составлять один месяц для оборудования, используемого не менее 30 часов в неделю, или до трех месяцев — для оборудования, используемого менее интенсивно. Проверка должна включать визуальное наблюдение за формой импульса и сравнение с записями форм импульса как при положительной, так и при отрицательной полярности (6.6.). Диэлектрические слои, плоскости заземления (пластины заземления), коаксиальный разрядный резистор (зонд), расстояние между пластиной заземления и пластиной возбуждения, проверочные модули и разрядные контакты (например, пружинные контакты) являются основными элементами конструкции тестера. Любые вносимые изменения требуют проведения проверки формы импульса ЭСР.

6.5 Процедура подтверждения соответствия испытательного устройства

Процедура подтверждения соответствия устройства для испытаний должна обеспечивать точность параметров импульса, для разрядного тока при положительной и отрицательной полярности и каждого проверочного модуля, указанного в 5.5.3. Измерьте форму импульса с помощью осциллографа с полной шириной полосы (3,0 ГГц), аттенюатора, токового зонда или коаксиального резистивного зонда, описанных в 5.1.1. Для подтверждения соответствия не используйте измерительное оборудование с частотой 1,0 ГГц.

6.5.1 Очистите проверочные модули. Избегайте контакта модулей с телом перед началом проведения испытаний и в ходе их выполнения. Для ознакомления со справочной информацией о рекомендуемых порядках выполнения действий обратитесь к информационному приложению В.

6.5.2 Очистите элементы испытательного устройства для удаления каких-либо загрязнений с поверхности, которые могут вызвать потерю заряда. Особое внимание уделяйте разрядному зонду, зарядному зонду и пластине возбуждения, на которой располагается устройство. Рекомендации приведены в приложении В.

6.5.3 Расположите проверочный модуль 30 пФ на пластине возбуждения, обеспечивая тесный контакт (при отсутствии воздушного зазора) между модулем и пластиной возбуждения. В случае использования диэлектрического слоя для проверки компонентов необходимо, чтобы он удовлетворял требованиям, установленным в 5.2.3, и находился в наличии во время проведения процедуры подтверждения соответствия.

6.5.4 Установите горизонтальную шкалу времени осциллографа на 0,5 нс на каждое деление шкалы. Установите чувствительность осциллографа и смещение по вертикали с помощью аттенюатора, если необходимо, для охвата центральных 80 % отклонений на полную шкалу.

6.5.5 Измените потенциал модуля или пластины возбуждения, установив положительный потенциал на 500 В.

6.5.6 Разрядите модуль с помощью разрядного зонда, расположив его рядом с центральной частью проверочного модуля, и зафиксируйте форму импульса разрядного тока. Все параметры должны находиться в диапазоне предельных значений, установленных на рисунке 4 и в таблице 3. Зарегистрируйте форму импульса.

6.5.7 Повторите порядок действий дополнительно не менее двух раз. Сохраните запись для выполнения последующих оценок соответствия импульса (регистрируйте все, а сохраняйте один результат, представляющий собой максимально близкий к среднему результату для осуществления последующей проверки на соответствие).

6.5.8 Измените потенциал модуля или пластины возбуждения, установив отрицательный потенциал на 500 В. Повторите порядок действий, установленный в 6.5.6 и 6.5.7.

6.5.9 Применительно к проверочному модулю 4,0 пФ повторите действия по 6.5.4—6.5.8 с использованием всех уровней напряжения, представленных в таблице 3. Если максимальный потенциал устройства составляет менее 2000 В, применяйте его в качестве максимального. Установите чувствительность осциллографа и смещение по вертикали с помощью аттенюатора, если необходимо, для охвата центральных 80 % отклонений на полную шкалу применительно к каждому уровню напряжения. Все параметры должны находиться в диапазоне предельных значений, установленных на рисунке 4 и в таблице 3. Сохраните записи для выполнения последующих оценок соответствия импульса.

Таблица 2 — Уровни воздействия ЭСР модели заряженного устройства

Уровень воздействия	Зарядное напряжение (В)
1	125
2	250
3	500
4	1000
5	1500
6	2000

6.6 Процедура оценки соответствия формы импульса ЭСР

Процедура оценки соответствия форм импульса должна обеспечивать точность задания форм импульса разрядного тока в соответствии с требованиями настоящего стандарта для положительной и отрицательной полярности с помощью небольшого проверочного модуля 4,0 пФ, указанного в 5.5.3.

Если используется оборудование для измерения ширины полосы 1,0 ГГц, то следует повторить процедуру подтверждения соответствия испытательного устройства модели МЗУ, используя для этого осциллограф 1,0 ГГц (см. рисунок 5 и таблицу 4). Зарегистрируйте формы импульса для последующих сравнений.

6.6.1 Очистите проверочный модуль 4,0 пФ. Избегайте контакта модуля с телом перед началом проведения испытаний и в ходе их выполнения. Рекомендуемый порядок выполнения действий — в приложении В.

6.6.2 Очистите составные части испытательного устройства для удаления каких-либо загрязнений с поверхности, которые могут вызвать потерю заряда. Особое внимание уделяйте разрядному зонду, зарядному зонду и пластине возбуждения, на которой располагается устройство (приложение В).

6.6.3 Расположите проверочный модуль 4,0 пФ на пластине возбуждения, обеспечивая тесный контакт (без воздушного зазора) между модулем и пластиной возбуждения. В случае использования диэлектрического слоя для проверки компонентов необходимо, чтобы он удовлетворял требованиям, установленным в 5.2.3, и находился в наличии во время проведения процедуры.

6.6.4 Установите горизонтальную шкалу времени осциллографа на 0,5 нс на каждое деление шкалы, а чувствительность по вертикали устанавливается для получения отклонения на полную шкалу приблизительно в 10 А.

6.6.5 Зарядите модуль или пластину возбуждения, установив положительный потенциал на 500 В.

6.6.6 Разрядите модуль и обратите внимание на форму кривой тока. Все параметры должны находиться в диапазоне предельных значений, устанавливаемых на рисунке 4 и в таблице 3 при использовании оборудования по измерению форм импульса 3,0 ГГц. В случае использования оборудования для измерения более узкой ширины полосы убедитесь в том, что все параметры находятся в диапазоне предельных значений, установленных на рисунке 5 и в таблице 4. Рекомендуется сравнивать параметры форм импульса с предыдущей записью результатов проверки на соответствие, отвечающей установленным требованиям.

Примечание — Изменения, наблюдаемые в форме разрядного импульса, даже если они находятся в диапазоне технических характеристик, могут указывать на ухудшение состояния испытательного устройства.

6.6.7 Измените потенциал модуля или пластины возбуждения, установив отрицательный потенциал на 500 В. Повторите порядок действий, установленный в 6.6.6.

6.6.8 Удалите проверочный модуль.

7 Процедура испытаний

7.1 Требования к проведению испытаний

7.1.1 Обращение с компонентами

Применяйте необходимые меры предосторожности при подготовке испытаний, во время и после их проведения.

7.1.2 Температура для проведения испытаний на устойчивость к ЭСР

Содержите испытуемый образец при комнатной температуре до начала выполнения испытаний на устойчивость к ЭСР и во время испытаний.

7.1.3 Рекомендуемая проверка формы импульса

В начале и конце каждого этапа испытаний необходимо обеспечить соответствие формы импульса применительно к уровню 500 В таблицы 2 в части положительной и отрицательной полярности с помощью проверочного модуля 4,0 пФ. В том случае, когда формы импульсов не соответствуют требованиям заданных предельных значений (см. рисунки 4 или 5 и таблицы 3 или 4), все результаты испытаний, полученные после последней проверки, которая соответствовала установленным требованиям, считаются недействительными. Если испытания проводятся в виде последовательно чередующихся этапов, проверки форм импульсов в конце этапа могут служить в качестве начальных проверок следующего этапа.

7.1.4 Статические и динамические испытания компонентов

Выполняйте статические и динамические испытания в полном объеме с учетом заданных в технической спецификации параметров на образец перед началом проведения испытаний на устойчивость к ЭСР и после него с целью установления возможных отказов компонентов.

Примечание — Если статические и динамические испытания должны проводиться при нескольких температурах, выполните сначала испытания с более низкой температурой, а затем испытания с последовательным увеличением температуры.

7.2 Классификация образцов на устойчивость к ЭСР

Выполните классификацию компонентов по выдерживаемому напряжению импульса при определении устойчивости к ЭСР модели заряженного устройства в соответствии с данными таблицы 1. Испытания на устойчивость компонентов должны осуществляться в соответствии с приведенной ниже процедурой. Испытания могут начинаться с любого необходимого уровня. В случае отказа отдельного компонента необходимо продолжать испытание с использованием нового компонента на более низком напряжении до тех пор, пока не будет установлено выдерживаемое напряжение. В случае успешного прохождения компонентом начального уровня необходимо продолжать проведение испытания в соответствии с уровнями напряжений, указанных в таблице 2, до тех пор, пока компонент не выйдет из строя или не будет достигнуто максимальное зарядное напряжение. Классификационные испытания на устойчивость к ЭСР модели заряженного устройства считаются разрушающими испытаниями, даже если компонент не вышел из строя во время их проведения. При необходимости возможно использование небольших шагов приращения уровней напряжения для определения выдерживаемого напряжения.

Примечания

1 Изменение корпуса компонента, процесса изготовления, конструкции или материалов может привести к необходимости повторной классификации в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Даже при использовании одного и того же кристалла в различных корпусах необходимо проведение его повторной классификации. Не допускается проведение обобщенной оценки на пригодность.

2 Классификация распространяется на конкретную ИС на кристалле в конкретном корпусе с определенной дополнительной контактной площадкой.

Для классификации компонентов необходимо выполнение следующих действий.

7.2.1 Подвергните испытаниям не менее трех образцов одного компонента применительно ко всем статическим и динамическим параметрам, установленным в технической спецификации.

7.2.2 Установите первый компонент и начните проведение испытаний с использованием уровня воздействия, указанного в таблице 2.

7.2.3 Увеличьте потенциал компонента любым способом, определенным в разделе 5. При использовании прямого метода зарядки, изложенного в 5.1, разрядите испытуемый штырь в общей сложности шесть раз (три положительных и три отрицательных разряда). При использовании метода индуктивной зарядки, который изложен в 5.2, необходимо выполнить действия, описанные в 7.2.3.1.1 или 7.2.3.1.2. Выполните всего шесть разрядов (три положительных и три отрицательных) на каждом штыре. Время между разрядами должно быть достаточным для того, чтобы компонент мог достичь полного напряжения нагрузки, с минимальным временем между разрядами, составляющим одну секунду.

7.2.3.1 При использовании метода индуктивной зарядки индуцированным полем возможно выполнение двух способов по зарядке и разрядке испытуемого устройства: одноразрядный и двухразрядный способ. В ходе проведения обеих процедур получаются равнозначные результаты.

7.2.3.1.1 Одноразрядный способ: три положительных и три отрицательных разряда могут формироваться вместе с шестью индивидуальными разрядами, выполняя приведенную ниже последовательность действий, которые приводят к последовательности зарядных/разрядных событий в соответствии с рисунком 2.

а) Напряжение возбуждения устанавливается при увеличении напряжения на пластине возбуждения до величины заданного уровня воздействия.

б) Первая разрядка осуществляется при опускании пружинного контакта на испытуемый образец (см. рисунок 2).

в) После разрядки пружинный контакт удерживается в контакте со штырем испытуемого образца компонента для обеспечения переноса полного заряда и выведения проводящего канала на землю.

г) Затем напряжение на пластине возбуждения медленно падает, что приводит к полному стеканию заряда, который был передан на испытуемое устройство во время первой разрядки по модели заряженного устройства.

д) Пружинный контакт возвращается в свое начальное (разъединенное) положение (см. рисунок 2), прежде чем напряжение той же или противоположной полярности прикладывается на пластину возбуждения для выполнения последующих разрядок.

е) Указанная последовательность действий выполняется шесть раз (три положительных и три отрицательных в любой последовательности) для получения шести разрядок.

ж) Повторите действия применительно к каждому штырю, подвергающемуся испытаниям.

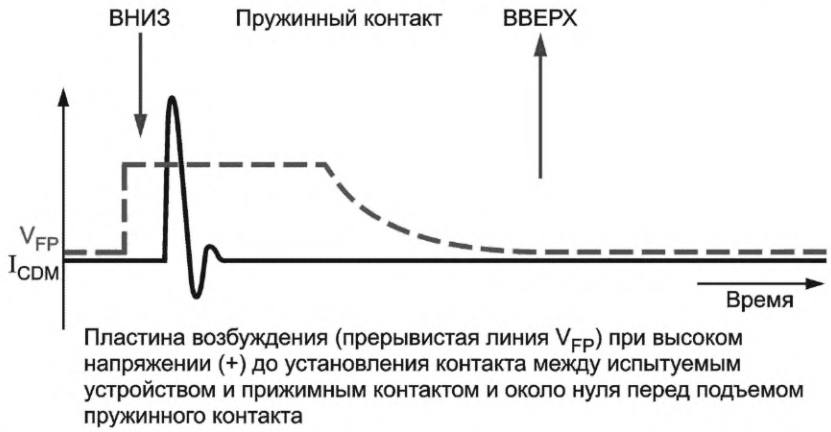


Рисунок 2 — Одноразрядный способ (зарядка полем, импульс Icdm и медленная разрядка)

7.2.3.1.2 Двухразрядный способ: три положительных и три отрицательных разряда могут формироваться вместе с тремя парами разрядов знакопеременной полярности, выполняя приведенную ниже последовательность действий в соответствии с рисунком 3.

а) Напряжение на пластине возбуждения повышается до величины заданного уровня воздействия.

б) Первая разрядка осуществляется при опускании пружинного контакта к испытуемому образцу (см. рисунок 3).

в) Пружинный контакт удерживается с испытуемым образцом для переноса полного заряда и выведения проводящего канала на землю.

г) Пружинный контакт возвращается в свое начальное (разъединенное) положение (см. рисунок 3), оставляя устройство с полным зарядом.

д) Напряжение на пластине возбуждения медленно возвращается к нулю, чем достигается полное удаление заряда с пластины возбуждения.

е) Пружинный контакт опускается (вторая стрелка, направленная вниз и расположенная справа на рисунке 3) во второй раз для выполнения второго разряда, который имеет противоположную полярность и такую же величину.

ж) Указанные действия повторяются три раза в совокупности трех положительных и трех отрицательных разрядов.

и) Повторите действия применительно к каждому штырю, подвергающемуся испытаниям.

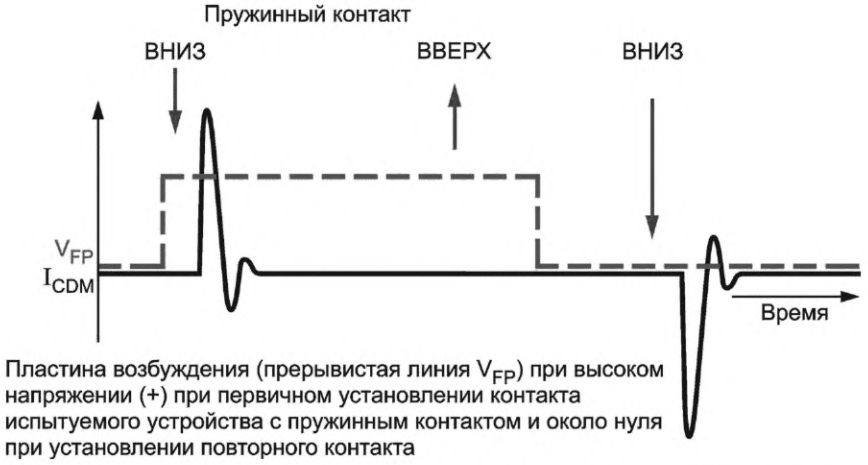


Рисунок 3 — Двухразрядный способ (разрядка полем, 1-й импульс Icdm — отсутствие поля, 2-й импульс Icdm)

7.2.4 Повторяйте действия по 7.2.2 и 7.2.3 до окончания испытания трех образцов компонентов. Зарегистрируйте уровень воздействия.

7.2.5 Испытайте компоненты по всем статистическим и динамическим параметрам, представленным в технической спецификации, и запишите результаты для каждого компонента. Параметрический контроль и функциональные испытания должны проводиться при комнатной температуре или в соответствии с требованиями, установленными в спецификации на компонент. Если испытания должны проводиться при разных температурах, выполните сначала испытания с более низкой температурой, а затем последовательно повышайте температуру.

Если все компоненты удовлетворяют требованиям параметров, установленных в технической спецификации, повторите действия по 7.2.3—7.2.5, используя более высокий уровень воздействия, указанный в таблице 2.

7.2.6 Если один или более образцов компонентов вышли из строя, повторите испытание электростатическим разрядом, используя при этом три новых компонента, начиная со следующего меньшего уровня воздействия. Если компоненты продолжают выходить из строя, снижайте напряжение воздействия до тех пор, пока не достигнете уровня один. При выявлении отказов на уровне один (таблица 2) остановите проведение испытаний на этом уровне.

7.2.7 В качестве альтернативы возможно использование трех отдельных образцов компонентов на каждом уровне воздействия из таблицы 2. Отдельные компоненты могут также использоваться для каждой полярности и штыря. Документально оформите и запишите размер выборки и план проведения испытаний.

7.3 Критерии классификации

Классификация компонентов проводится по наивысшему уровню напряжения при воздействии ЭСР (положительной и отрицательной полярности), на котором все три образца подтверждают соответствие статических и динамических параметров технической спецификации.

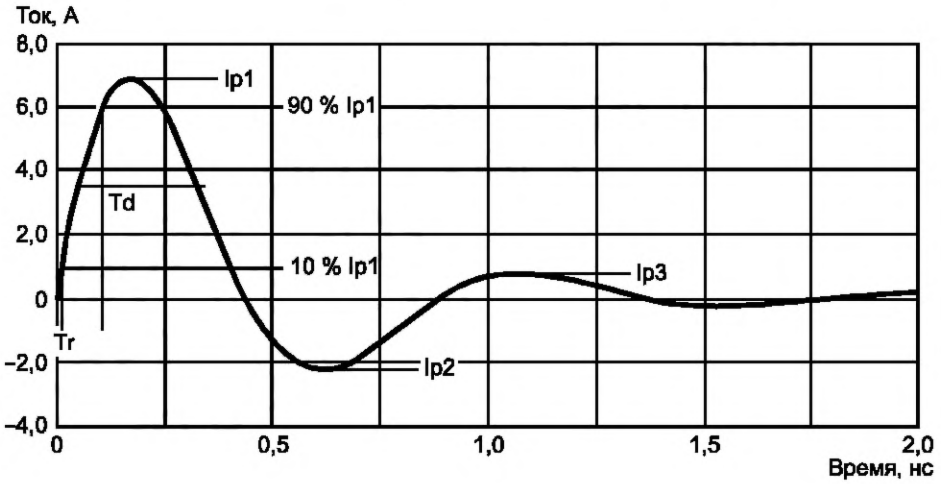


Рисунок 4 — Форма волны ЭСР модуля заряженного устройства для испытательных устройств с 3 ГГЦ приборами измерения

Примечание — Для положительной полярности: Ip2 — второй пик, отрицательное отклонение; Ip3 — третий пик, положительное отклонение. Для отрицательной полярности: Ip2 — второй пик, положительное отклонение; Ip3 — третий пик, отрицательное отклонение.

Таблица 3 — Требования, предъявляемые к форме волны при использовании ширины полосы 3,0 ГГц

Зарядное напряжение, В, ± 5 %	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ, А, ± 20 %	Проверочный модуль 30 пФ, А, ± 20 %
125	Ip1	1,90	—
250	Ip1	3,75	—
500	Ip1	7,50	18,0

Окончание таблицы 3

Зарядное напряжение, В, ± 5 %	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ, А, ± 20 %	Проверочный модуль 30 пФ, А, ± 20 %
1000	Ip1	15,0	—
1500	Ip1	22,5	—
2000	Ip1	30,0	—
Параметр	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ (все напряжения)	Проверочный модуль 30 пФ (только 500 В)
Время нарастания	tr (ps)	< 200 ps	< 250 ps
По всей ширине при половинной высоте	td (ps)	< 400 ps	< 700 ps
Макс. 2-е пиковое значение	Ip2	< 50 % Ip1	< 50 % Ip1
Макс. 3-е пиковое значение	Ip3	< 25 % Ip1	< 25 % Ip1

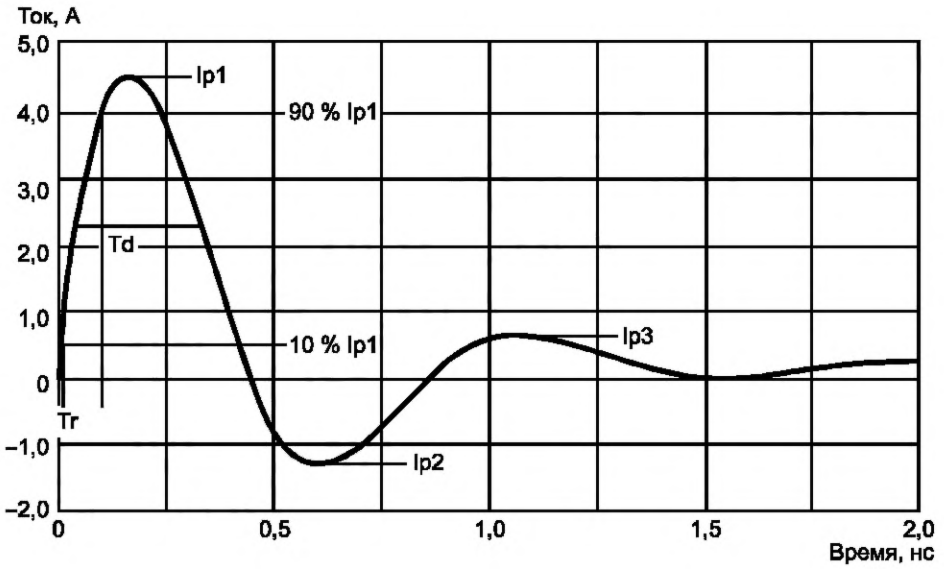


Рисунок 5 — Форма волны ЭСР модуля заряженного устройства для испытательных устройств с 1 ГГЦ приборами измерения

Примечание — Для положительной полярности: Ip2 — второй пик, отрицательное отклонение; Ip3 — третий пик, положительное отклонение. Для отрицательной полярности: Ip2 — второй пик, положительное отклонение; Ip3 — третий пик, отрицательное отклонение.

Таблица 4 — Требования, предъявляемые к форме волны при использовании ширины полосы 1,0 ГГц

Зарядное напряжение, В, ± 5 %	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ, А, ± 20 %	Проверочный модуль 30 пФ, А, ± 20 %
125	Ip1	1,13	—
250	Ip1	2,25	—
500	Ip1	4,50	14,0
1000	Ip1	9,00	—

Окончание таблицы 4

Зарядное напряжение, В, ± 5 %	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ, А, ± 20 %	Проверочный модуль 30 пФ, А, ± 20 %
1500	Ip1	13,5	—
2000	Ip_1	18,0	—
Параметр	Обозначение	Проверочный модуль 4,0 пФ (все напряжения)	Проверочный модуль 30 пФ (только 00 вольт)
Время нарастания	tr (ps)	< 400 ps	< 400 ps
По всей ширине при половинной высоте	td (ps)	< 600 ps	< 1,000 ps
Макс. 2-е пиковое значение	Ip2	< 50 % Ip1	< 50 % Ip1
Макс. 3-е пиковое значение	Ip3	< 25 % Ip1	< 25 % Ip1

Приложение А
(справочное)

Рекомендации по проведению испытаний. Бесконтактный разряд

Воздушный разряд имитирует ЭСР по модели заряженного устройства, происходящий в обычных условиях окружающей среды. Разряд происходит в воздухе по мере приближения заземленного предмета к штырю заряженного устройства. Характеристики разряда — напряжение пробоя, пиковое значение тока, форма волны и т. д. — зависят от ряда факторов, в том числе от атмосферного давления и движения воздуха, влажности, форм электродов, скорости приближения электродов друг к другу и их чистоты. Ввиду трудностей контроля всех указанных факторов, воспроизводимость и повторяемость испытаний достигаются достаточно трудно. При этом проявляется тенденция к накоплению последствий влияющих факторов и снижению повторяемости результатов испытаний. Некоторые испытатели успешно справляются с вопросами влияния влажности и давления созданием подконтрольной локальной среды, используя сухой инертный газ, например азот, или чистый сухой воздух.

Регулярная чистка или замена разрядных электродов и прочистка штырей компонентов до начала проведения испытаний помогает от влияния загрязнений.

Разброс пикового значения тока на величину до 20 % является характерным для бесконтактного метода разряда. Последствия, вызванные такими отклонениями, могут быть сведены до минимума с помощью применения статистических методов контроля после сбора данных.

Основными преимуществами бесконтактного метода разрядки является то, что при нем достигаются естественные условия разрядки и сводятся до минимума паразитные свойства цепи.

Основными недостатками являются невозможность обеспечения разрядов на выбранном штыре во время испытания компонентов, имеющих очень маленькое расстояние между выводами, и трудность воспроизведения разрядов для крайних допусковых значений.

Приложение Б
(справочное)

Физические и электрические характеристики проверочных модулей

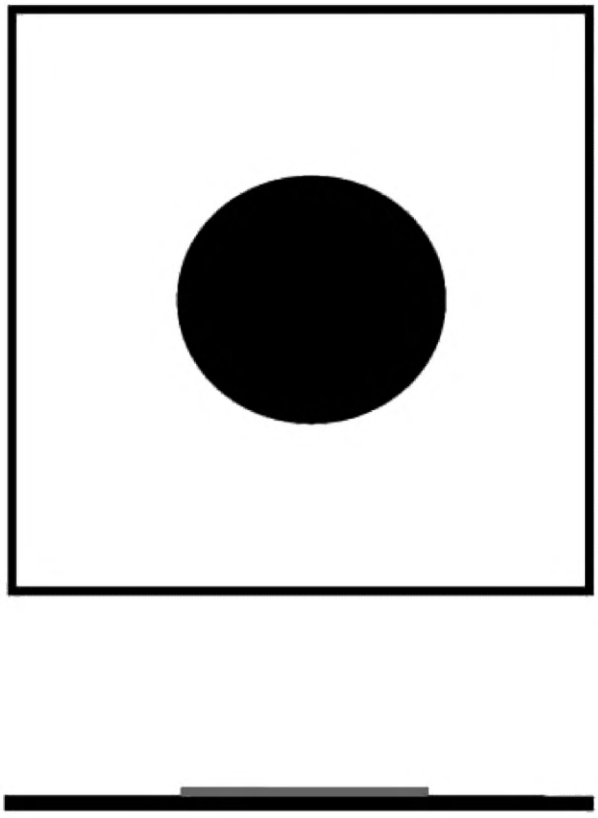


Рисунок Б.1 — Проверочный модуль 30 пФ с большим металлическим диском

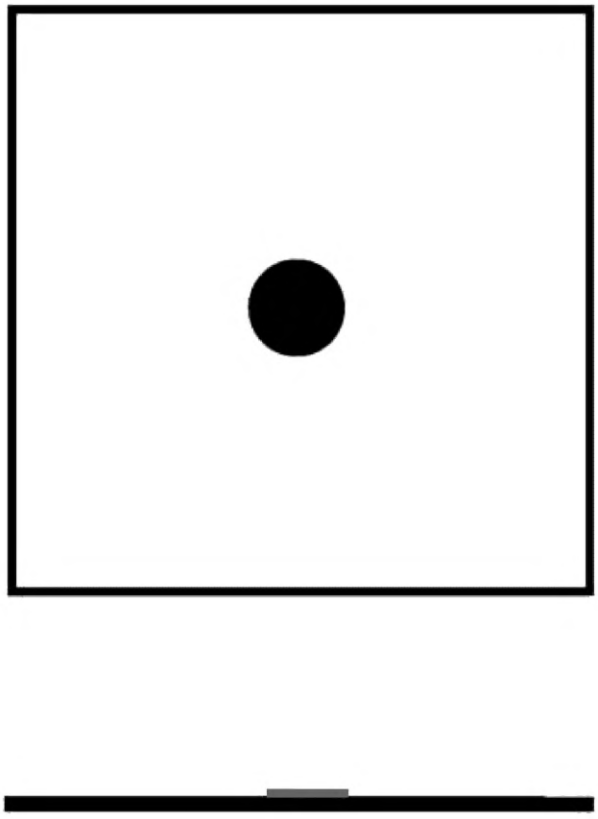


Рисунок Б.2 — Проверочный модуль 4,0 пФ с маленьким металлическим диском

Примечания

1 Представленные ниже физические размеры приведены в качестве рекомендуемых. Действительные емкостные сопротивления проверочных модулей измеряются с помощью измерителя емкости в соответствии с 6.1.1.

2 Изменения диэлектрической проницаемости требуют корректировки размеров в том случае, когда заданные емкости должны сохраняться.

Таблица Б.1 — Спецификация на проверочные модули

Диэлектрический материал диска (размер)	FR-4 маленький	FR-4 большой	RF-35 маленький	RF-35 большой
Диэлектрическая проницаемость	4,70	4,70	3,50	3,50
Диаметр диска (мм)	9,50	26,00	9,80	26,93
Толщина диэлектрического слоя (мм)	0,80	0,80	0,584	0,584
Емкость диска (пФ)	4,0	30	4,0	30
Площадь диэлектрика — минимальный размер (мм)	30 × 30	30 × 30	30 × 30	30 × 30

Примечание — Позолоченные или никелированные протравленные медные диски центруются на одной стороне диэлектрического материала.

Приложение В
(справочное)

Рекомендации по обращению и очистке образцов испытаний, проверочных модулей и испытательного устройства

Для предотвращения потери заряда в проверочных модулях следует чистить проверочные модули с помощью изопропанола (изопропилового спирта), соблюдая установленные на предприятии меры безопасности.

Обращение с испытуемыми образцами компонентов должно осуществляться только с помощью вакуумных пинцетов, персонал должен носить резиновые напальчники или аналогичные средства, или пластмассовых пинцетов, нейтрализованных путем их помещения под струю ионизированного воздуха.

Следует выполнять периодическую чистку составных частей испытательного устройства с помощью изопропанола для удаления каких-либо загрязнений с поверхности, которые могут вызвать потерю заряда. Особое внимание следует уделять разрядному зонду (или пружинному контакту), зарядному зонду и пластине возбуждения, на которой располагается образец.

Примечание — Очистка с помощью изопропилового спирта может привести к сохранению поверхности влажной в течение определенного времени после указанной операции. Влага может создавать непреднамеренную утечку во время проведения испытаний. Необходимо высушить все поверхности после их очистки путем выдерживания в естественных условиях или с помощью принудительного потока воздуха, используемого для просушки.

Библиография

[1] ANSI/ESD S5.3.1—2009 For Electrostatic Discharge Sensitivity Testing — Charged Device Model (CDM) — Component Level

УДК 621.316.9:006.354 ОКС 17.220.99

Ключевые слова: электростатика, методы испытаний, классификации, отчет, риски

Редактор *Е.И. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 19.03.2019. Подписано в печать 23.04.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,78.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru