ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55744— 2013

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ

Методы испытаний физических параметров

IEC 61189-3 (1997)
Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies — Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)
(NEQ)
IPC-TM-650
Test Methods Manual
(NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Центральный научно-исследовательский технологический институт «Техномаш» (ОАО «ЦНИТИ «Техномаш»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 420 «Базовые несущие конструкции, сборка и монтаж электронных модулей»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 2090-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений:

- международного стандарта МЭК 61189-3 (1997) «Материалы электрические, структуры межсоединений и скомпонованные узлы. Методы испытания. Часть 3. Методы испытаний межсоединительных структур (печатных плат)» (IEC 61189-3 «Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies — Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)», NEQ);
- международного документа IPC-TM-650 «Руководство по методам испытаний печатных плат» (IPC-TM-650 «Test Methods Manual», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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.ru)

© Стандартинформ, 2014

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ

Методы испытаний физических параметров

Printed circuit boards. Physical parameters test methods

Дата введения — 2014—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на односторонние, двусторонние и многослойные и гибкие печатные платы и печатные кабели.

Стандарт устанавливает условия и правила проведения испытаний физических параметров печатных плат для подтверждения их соответствия техническим требованиям в соответствии с документацией на поставку, но не устанавливает норм и требований к конструктивным элементам печатных плат.

Положения настоящего стандарта разработаны для применения на территории Российской Федерации организациями и предприятиями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, разрабатывающими, изготовляющими, потребляющими и заказывающими печатные платы, предназначенные для использования в радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре и изделиях электронной техники.

Соблюдение требований, установленных настоящим стандартом, обязательно при любых объемах производства и для всех технологических методов изготовления печатных плат и печатных кабелей.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ Р 53386—2009 Платы печатные. Термины и определения

ГОСТ Р 55693—2013 Платы печатные жесткие. Технические требования

ГОСТ 26246.1—89 (МЭК 249-2-1—85) Материал электроизоляционный фольгированный для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим, обладающий высокими электрическими характеристиками. Технические условия

ГОСТ 26246.2—89 (МЭК 249-2-2—85) Материал электроизоляционный фольгированный экономического сорта для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.3—89 Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.4—89 (МЭК 249-2-4—87) Материал электроизоляционный фольгированный общего назначения для печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.5—89 (МЭК 249-2-5—87) Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.6—89 (МЭК 249-2-6—85) Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим (горизонтальный метод горения). Технические условия

Издание официальное

ГОСТ 26246.7—89 (МЭК 249-2-7—87) Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим (вертикальный метод горения). Технические условия

ГОСТ 26246.8—89 (МЭК 249-2-8—87) Пленка полиэфирная фольгированная для гибких печатных плат. Технические условия

ГОСТ 26246.9—89 (МЭК 249-2-10—87) Материал электроизоляционный фольгированный нормированной горючести для печатных плат на основе нетканой (тканой) стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.10—89 (МЭК 249-2-11—87) Материал электроизоляционный фольгированный тонкий общего назначения для многослойных печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.11—89 (МЭК 249-2-12—87) Материал электроизоляционный фольгированный тонкий нормированной горючести для многослойных печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим. Технические условия

ГОСТ 26246.12—89 (МЭК 249-2-13—87) Пленка полиимидная фольгированная общего назначения для гибких печатных плат. Технические условия

ГОСТ 26246.13—89 (МЭК 249-2-15—87) Пленка полиимидная фольгированная нормированной горючести для гибких печатных плат. Технические условия

ГОСТ 26246.14—91 (МЭК 249-3-1—81) Материалы электроизоляционные фольгированные для печатных плат. Склеивающая прокладка, используемая при изготовлении многослойных печатных плат. Технические условия

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 ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого 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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 53386.

4 Общие положения

4.1 Цель стандарта

Целью настоящего стандарта является установление методов испытаний для оценки физических параметров печатных плат: внешнего вида, размеров и качества элементов проводящего и непроводящего рисунков, точности их расположения относительно координатной сетки и т. д. В настоящем стандарте содержится стандартный набор методов испытаний печатных плат: контроль внешнего вида, размеров элементов, изгиба и скручивания печатной платы, прочности сцепления элементов проводящего рисунка с основой печатной платы и т. д. с описанием технологии проведения этих испытаний. Применение конкретного метода испытаний при контроле готовых печатных плат определяется требованиями документации на поставку. Перечень испытаний приведен в приложении А.

4.2 Общие требования

4.2.1 Если не оговорено особо, все испытания должны проходить при нормальных климатических условиях:

- температура — 15 °С—35 °С;
- атмосферное давление — 86—106 кПа (645—795 мм рт. ст.);
- относительная влажность — 45 %—75 %.

Примечание — Относительная влажность в зависимости от температуры окружающей среды может меняться соответственно: при 23 °С—25 °С — 48 %—52 %; при 27 °С — 63 %—67 %, при этом атмосферное давление должно оставаться без изменений.

4.2.2 Для испытаний допускается использовать как готовые печатные платы, так и специальные тест-купоны, оговоренные в документации на поставку. Тест-купоны должны располагаться на одной заготовке с печатной платой и изготовляться по одной с ней технологии. Если для испытаний используют составные тест-купоны, то они должны быть изготовлены одновременно с печатными платами в количестве, необходимом для получения среднестатистической оценки.

5 Методы испытаний

5.1 Визуальный осмотр

Визуальным осмотром проверяют внешний вид печатных плат, наличие дефектов на поверхности, внешних признаков загрязнения, инородных включений, признаков отслоения проводящего рисунка. Визуальный осмотр проводится как с использованием оптических приборов, так и без них. Визуальный осмотр предпочтительно проводить при рассеянном освещении. С помощью оптического прибора визуальную проверку проводят при увеличении приблизительно 2×. Если при таком увеличении невозможно определить дефект, проверку проводят при увеличении, постепенно повышаемом до 40×.

5.1.1 Контроль поверхности нефольгированных и фольгированных материалов

5.1.1.1 Для испытания используют любой подходящий образец фольгированного или нефольгированного материала для печатных плат.

Этот тест-метод определяет размеры участков для визуального контроля и содержит рекомендации по проведению операции.

5.1.1.2 Оборудованием для контроля служит увеличитель или микроскоп с увеличением до 40× и измерительной масштабной линейкой, позволяющей измерять размеры до 0,025 мм.

5.1.1.3 Технология контроля состоит в предварительном обнаружении при визуальном осмотре с увеличением 10× на образце материала дефектов в виде точечных проколов, вмятин, язв, царапин, включений и т. п. и дальнейшем измерении этих дефектов под микроскопом. Поверхность меди должна быть очищена или слегка подтравлена.

5.1.1.4 Обнаруженные при увеличении 10× точечные проколы не измеряют из-за их минимальных размеров, но фиксируют их количество на образце.

5.1.1.5 Для измерения размеров язв и вмятин проводят осмотр и измерение при увеличении не менее 10×. Максимальное число точек проверки на 1 дм^2 зависит от размера дефекта и должно соответствовать требованиям таблицы 1.

Таблица 1 — Максимальное число точек замера

Размер дефекта, мм	Число точек замера
От 0,000 до 0,25 включительно	1
Св. 0,25 » 0,50 »	2
» 0,50 » 0,75 »	4
» 0,75 » 1,00 »	7
» 1,00	30

5.1.1.6 Размеры царапин измеряют на микроскопе с максимальным увеличением 30×.

5.1.1.7 Складки, морщины можно увидеть при нормальном или скорректированном осмотре при увеличении 20×.

5.1.1.8 Включения измеряют при увеличении 18×—30×.

5.1.2 Контроль глубины царапин на поверхности фольги диэлектрика

5.1.2.1 Царапины на поверхности фольги, определенные визуально в соответствии с 5.1.1, должны быть проконтролированы на глубину. Оценку проводят на рабочем поле тест-образца или заготовки платы, при этом в рабочую зону не входят поля шириной 2,54 мм со всех четырех сторон заготовки.

5.1.2.2 Инструментом контроля служит штифт с острым наконечником толщиной 1,00 мм или эквивалентный ему. Если требуются более точные данные для оценки, используют микрошлиф.

5.1.2.3 Технология контроля состоит в проведении острым концом инструмента при легком нажатии поперек царапины. В случае если инструмент пересекает царапину без остановки, глубина царапины считается приемлемой для печатной платы. Если инструмент, проходя через царапину, цепляется за ее край, глубина царапины считается неприемлемой.

5.1.3 Контроль гибких материалов для печатных плат на наличие и размеры раковин и включений

5.1.3.1 В связи с небольшой толщиной гибких материалов и физической природой, отличной от слоистых материалов, контроль гибких материалов проводят с особой тщательностью как со стороны фольги по правилам 5.1.1 и 5.1.2 настоящего стандарта, так и под фольгой. Раковина в гибком материале подразумевает отсутствие диэлектрика на определенном участке, когда вместо материала обнаруживают воздушный пузырь. Включение — это инородная частица, металлическая или неметаллическая, введенная в диэлектрический материал, в том числе частица геля.

Для испытания вырезают тест-образец размерами 25 × 25 см с фольгой на одной стороне.

5.1.3.2 Аппаратура и приборы

Для испытаний применяют:

- микроскоп с увеличением 30× и масштабной измерительной сеткой для измерения до 0,01 мм;
- систему травления для удаления металлической фольги;
- химический травитель, растворяющий металл, но не оказывающий вредного воздействия на адгезив или диэлектрик при температуре травления (55 ± 5) °С.

5.1.3.3 Технология контроля состоит из нескольких операций:

- с образца химическим травлением удаляют металлическую фольгу, образец промывают и высушивают, если на образце имеется адгезивное покрытие, защитный кроющий слой следует удалить;
- вырезанный образец делят на квадраты со стороной 2,5 см;
- произвольно выбирают 10 квадратов для контроля;
- при увеличении 30× осматривают выбранные квадраты на предмет обнаружения раковин и включений на материале;
- размеры раковин и включений измеряют с точностью до 0,01 мм.

5.1.3.4 Оценку качества материала проводят после расчета числа дефектов на всю площадь образца.

5.1.4 Контроль поверхности металлической фольги

5.1.4.1 Тест-метод предназначен для контроля геометрических неровностей на поверхности фольги (шероховатости, волнистости и т. п.).

Для испытаний может быть использован любой образец металлической фольги. На образцах не должно быть изломов или складок и морщин.

5.1.4.2 Аппаратура и приборы

Для испытаний применяют:

- контактный профилометр с переключателем диапазонов для измерения шероховатости в микронах;
- щуп для слежения и обнаружения неровностей поверхности;
- направляющее устройство для работы щупа;
- микрометрический стол для регулировки положения прибора относительно измеряемого образца.

5.1.4.3 Во время перемещения щупа профилометра по поверхности образца неровности создают колебания, которые превращаются в электрические сигналы, пропорциональные размерам неровностей. Размер неровностей отражается на дисплее прибора. Данные на дисплее не должны превышать заданные значения неровностей более чем на 10 %.

Перед испытаниями поверхность фольги должна быть тщательно очищена во избежание получения искаженных результатов шероховатости за счет загрязнений.

5.1.5 Оценка качества готовых печатных плат

5.1.5.1 Этот метод рассчитан на оценку общего качества партии печатных плат по контролю случайной выборки образцов из партии. Выбранные образцы должны проходить контроль на любой стадии обработки продукта, подготовки или кондиционирования для выявления возможных дефектов, повреждений или характеристик, отличающихся от требований документации на поставку.

5.1.5.2 В качестве инструмента для контроля применяют оптическое устройство с увеличением 10×. В случае сомнения возможно использование оптического устройства с увеличением 20×.

5.1.5.3 Каждый случай повреждения или дефекта должен быть зафиксирован в сопроводительном документе на партию плат для дальнейшего определения, влияют ли эти дефекты на работоспособность, ремонтопригодность и надежность плат, и для решения о возможности их использования.

5.1.5.4 При необходимости делают фотографии дефектов.

5.1.6 Оценка структуры сквозных металлизированных отверстий

5.1.6.1 После селективного химического удаления стеклоткани и эпоксидной смолы из сквозного отверстия и вокруг него, а также вокруг связанного с этим отверстием проводящего рисунка можно провести осмотр под любым углом сквозного металлизированного отверстия, контактной площадки и проводников.

Тест-образец представляет собой часть многослойной или двусторонней печатной платы, изготовленной на стеклоэпоксидном материале. В образце должны быть представлены сквозные металлизированные отверстия, связанные с проводниками.

5.1.6.2 Аппаратура, применяемая для контроля:

- микроскоп с увеличением 50× и 100×;
- вытяжной шкаф для удаления испарений от применяемых химикатов;
- индукционная плита, поддерживающая температуру на уровне 50 °С;
- термометр.

В процессе работы необходимо пользоваться защитными очками, защитным фартуком, резиновыми перчатками, кислотостойким респиратором для защиты от применяемых реагентов — 48 %-ной плавиковой кислоты (HF), бихромата натрия ($Na_2Cr_2O_7$), серной кислоты (H_2SO_4).

5.1.6.3 Технология обработки тест-образца для подготовки к испытаниям состоит в удалении стеклоэпоксида, для чего готовят хромовосернокислый раствор путем смешения 35 мл раствора бихромата натрия с 1 л концентрированной серной кислоты в емкости из химического стекла, погруженной в холодную воду (серную кислоту добавляют в сосуд маленькими порциями во избежание выплескивания и перегрева смеси).

В полиэтиленовом химическом стакане готовят фторсульфоновую кислоту, смешивая одну весовую часть серной кислоты и три весовые части плавиковой кислоты.

Примечание — Фторсульфоновая кислота должна храниться в полиэтиленовом сосуде.

Внимание! Все операции приготовления растворов и работы с ними следует проводить с большой осторожностью!

Тест-образец погружают в нагретый до 50 °С хромовосернокислый раствор так, чтобы образец был полностью покрыт раствором. По завершении реакции (прекращается выделение пузырьков газа) образец вынимают из раствора, промывают дистиллированной водой, просушивают тканью и погружают в фторсульфоновую кислоту при комнатной температуре. Через 2 мин образец извлекают из раствора, промывают в дистиллированной воде и удаляют воду тканью. Этот процесс следует повторять до тех пор, пока не будет получена часть открытого проводящего рисунка.

5.1.6.4 Контроль структуры сквозного металлизированного отверстия и состояния межсоединений, совмещения слоев в многослойной печатной плате проводят путем осмотра образца под микроскопом при увеличении 50× и 100×.

5.2 Контроль размеров

5.2.1 Механический контроль размеров

5.2.1.1 Цель этого метода — обеспечить контроль всех механических измерений, которые необходимы в связи с указаниями размерных величин и допусков на них на чертеже печатной платы.

5.2.1.2 Аппараты и приборы, применяемые для контроля

В данном методе не применяются оптические приборы и приспособления.

Контрольно-измерительными приборами для механических измерений можно с достаточной степенью точности и разрешения выполнить необходимые измерения. К таким приборам следует отнести микрометры, лекала, кронциркули, штихмасы и т. п.

Все приборы для механических измерений должны быть откалиброваны.

5.2.1.3 Измерительные приборы должны работать в постоянном режиме, обеспечивающем требуемые точность, прецизионность и повторяемость результатов. На результаты измерений могут оказать влияние следующие факторы: износ инструмента, чувствительность приборов и их правильное хранение, влияние факторов окружающей среды и правильность калибровки.

5.2.1.4 Если показатели, которые должны быть измерены, варьируются на печатной плате, следует провести многократные измерения на площади тест-образца для получения характеристик этих вариантов.

5.2.2 Оптический контроль размеров

5.2.2.1 Метод предназначен для контроля размеров менее 3 мм. Оптический контроль может быть осуществлен, если топологические элементы печатной платы, которые должны быть измерены, находятся в поле видимости не менее чем на 20 %.

5.2.2.2 Аппаратура и приборы

Для контроля применяют измерительную масштабную линейку или филярный микрометр, установленные на контрольном оптическом приборе, в котором имеется градация или шкала, позволяющая обеспечить измерения с минимальной разрешающей способностью, равной 50 % последней значащей цифры записанного в чертеже на печатную плату размерного требования. Измерительная масштабная линейка и микрометр должны быть откалиброваны в заданном увеличении, т. е. должна быть установлена цена деления в микрометрах.

5.2.2.3 Для проведения замеров необходимо провести оптическую настройку прибора, что позволит четко видеть участки платы, на которых необходимо проконтролировать и измерить элементы рисунка или дефекты.

Следует откорректировать оптический прибор так, чтобы кроме контролируемых элементов в фокусе находилась насадка с измерительной сеткой или филярным микрометром. Край сетки или шкалы микрометра необходимо подвести к краю измеряемого элемента и снять показание (число делений).

Чтобы получить фактический размер проверяемого элемента, необходимо число делений умножить на установленную ранее цену деления в миллиметрах.

5.2.3 Контроль размеров с использованием микрошлифов

5.2.3.1 Метод предназначен для контроля объектов с размерами более 1,25 мкм.

Контроль размеров должен проводиться на свежеизготовленных и подтравленных микрошлифах. Если на образцах имеются окислы и/или пятна, они помешают получению четкого изображения измеряемого участка микрошлифа. В этом случае микрошлиф должен быть заново подготовлен, начиная с самого тонкого шлифования.

Показатели, которые могут быть измерены на микрошлифах: толщина металлизации отверстий и проводников, толщина покрытия и резиста для пайки, размеры раковин и трещин, число позитивных и негативных участков подтравливания на сквозных металлизированных отверстиях, диэлектрические зазоры между проводниковыми элементами в одном слое и между слоями, ширина гарантийного пояска контактной площадки, совмещение слоев многослойной печатной платы, протяженность капилляров и т. п.

5.2.3.2 Аппаратура и приборы

Для изготовления микрошлифов необходимо металлографическое оборудование. Для контроля микрошлифов применяют металлографический микроскоп или металлограф, которые оснащены измерительной масштабной сеткой или филярным окуляром, имеющими градуировку или шкалу, обеспечивающие получение минимального размера с разрешающей способностью, равной 50 % последней значащей цифры записанного в чертеже на печатную плату размерного требования. Измерительная масштабная линейка и микрометр должны быть откалиброваны в заданном увеличении, т. е. должна быть установлена цена деления в микронах. Калибровку следует проводить с частотой не менее одного раза в год, если требуется сохранить точность размерного контроля.

5.2.3.3 Изготовление микрошлифа

Вырезают образец из печатной платы таким образом, чтобы не повредить контролируемые элементы. В случае мягкого или тонкого покрытия, например золота, олова или сплава олово-свинец, возможно нанесение дополнительного твердого металла перед получением образцов. При необходимости контроля толщины органического покрытия на него может быть нанесен дополнительный слой металлизации или контрастного по цвету покрытия.

Образец заливают компаундом, который не должен оказывать вредного воздействия на образцы. Между слоем компаунда и слоем, толщину которого измеряют, не должно быть раковин в зоне измерения.

Образец должен быть тщательно отшлифован. Оставшиеся царапины не должны препятствовать визуальному осмотру и измерениям с помощью микроскопа. При измерении толщины слоя не должно быть царапин шириной более 0,5 мкм или 1 % измеряемой величины в зависимости от того, что больше. Если исследуют вертикальное сечение платы, то плоскость, подлежащая полировке, должна быть в пределах 85°—90° по отношению к плоскости платы. При измерении толщины металлизации сквозных металлизированных отверстий видимый на микрошлифе диаметр отверстия должен быть не менее 90 % фактического диаметра отверстия, измеренного до изготовления шлифа.

После полировки микрошлиф следует протравить так, чтобы границы покрытий были четко видны.

5.2.3.4 Выбор увеличения при измерении определяется получением четкого изображения поверхности, на которой находятся измеряемые элементы. Целесообразно использовать увеличение 50× или 100× при измерении отверстий и увеличение 200× при измерении толщины металлизации. Технология измерений идентична 5.2.2.3. Измерения размеров менее 1,25 мкм не могут быть надежными с использованием такой оптической техники. Для таких измерений требуется электронная техника.

5.2.4 Измерение размера просверленного отверстия

5.2.4.1 Метод регламентирует правила замера внутреннего диаметра просверленного отверстия на печатной плате до металлизации в процессе технологического цикла изготовления печатных плат или на готовых печатных платах.

Для испытаний выбирают печатную плату или образец с идентичными характеристиками при сверлении.

5.2.4.2 Аппаратура и инструмент

Для испытаний применяют стереоскопический микроскоп с увеличением 10×.

5.2.4.3 Диаметр отверстия измеряют на самой широкой части от одного края отверстия до другого.

5.2.5 Измерение размера металлизированного отверстия

5.2.5.1 Метод регламентирует правила измерения внутреннего диаметра метализированного отверстия на печатной плате. Применение для контроля серийной печатной платы или тест-купона, а также число и типы измеряемых отверстий являются предметами договора между поставщиком и заказчиком или требованиями чертежа.

5.2.5.2 Аппаратура и приборы

Для испытаний применяют стереоскопический микроскоп с увеличением 20×.

5.2.5.3 Диаметр металлизированного отверстия измеряют в самом широком месте отверстия от одного его края до противоположного. Заусеницы и раковины при измерении не учитывают, но фиксируют их наличие в протоколе измерений.

5.2.6 Контроль расположения отверстий

5.2.6.1 Метод направлен на проверку точности расположения центров отверстий относительно заданных размеров на печатной плате.

Испытанию подвергают печатную плату на любой стадии технологического процесса до поступления на монтаж навесных компонентов.

5.2.6.2 Аппаратура и приборы

Для измерений применяют портативный (для размеров до 13 мм) и оптический (для размеров более 13 мм) компараторы.

5.2.6.3 На печатной плате измеряют расположение всех отверстий относительно заданных данных.

5.2.7 Контроль расположения отверстий повышенной точности

5.2.7.1 Метод устанавливает правила и средства неразрушающего контроля повышенной точности для быстрого измерения расположения отверстий.

Измерения проводят на серийных печатных платах.

5.2.7.2 Аппаратура и приборы

Для измерений применяют любой оптико-механический прибор, имеющий точность 0,005 мм на расстоянии 25 мм.

5.2.7.3 Образец помещают на предметный стол лицевой стороной вниз, закрепляют фиксирующими отверстиями на штифты и проводят измерение всех отверстий.

5.2.8 Контроль расположения отверстий и проводников

5.2.8.1 Метод регламентирует контроль точности расположения элементов проводящего рисунка на печатной плате относительно задания чертежа.

Испытанию подвергают любые односторонние, двусторонние, многослойные печатные платы и слои многослойных печатных плат, как готовые, так и находящиеся в производстве. В качестве объекта испытаний допускается использовать тест-купоны.

5.2.8.2 Аппаратура и приборы

Для измерений применяют любое механическое, оптическое или оптико-механическое устройство, обеспечивающее точность измерения 0,025 мм или менее. Кроме того, может быть использовано фотографирование в рентгеновских лучах для проверки многослойных печатных плат.

Все измерения должны проводиться перпендикулярно плоскости образца.

5.2.8.3 Первый этап контроля состоит в проверке правильности расположения отверстий согласно 5.2.6 настоящего стандарта.

На втором этапе определяют положение центров контактных площадок относительно центров отверстий. При отличии рисунка схемы на одной стороне платы по сравнению с другой ее стороной следует провести полное измерение на обеих сторонах печатной платы.

5.2.8.4 Расположение проводников на внутренних слоях многослойной печатной платы и совмещение внутренних слоев многослойных плат может быть определено посредством фотографирования в рентгеновских лучах. В этом случае делают один снимок с плоско размещенного образца и два снимка с

образца, расположенного под углом 30° к оси *X* и к оси *У*. Рентгеновские снимки измеряют также при увеличении 10×.

Примечание — Необходимо зафиксировать параметры рабочего режима: толщину платы и тип применяемого оборудования.

5.2.9 Контроль толщины гальванического покрытия в металлизированном отверстии с использованием микрошлифов

5.2.9.1 Метод обеспечивает измерение толщины меди в металлизированных отверстиях на выбранных участках проводящего рисунка печатной платы.

Испытания допускается проводить как на готовых печатных платах, так и на тест-купонах, прошедших весь технологический цикл одновременно с партией печатных плат, подлежащих контролю.

Проверку гальванического покрытия в отверстиях проводят на металлографических микрошлифах, изготовленных в соответствии с 5.2.3.3. Плоскость шлифа должна быть перпендикулярна поверхности контактной площадки, при этом осевая линия отверстия должна быть в плоскости шлифа.

5.2.9.2 Аппаратура и приборы

Для измерения используют металлографический микроскоп с метрической сеткой ценой деления 0,005 мм и увеличением 200×.

5.2.9.3 Проверке подвергают 4—6 отверстий. На каждом отверстии проводят по три измерения: одно в середине отверстия и два по его краям. За толщину принимают среднеарифметическое значение трех результатов.

5.3 Механические испытания

5.3.1 Определение предела прочности при растяжении и удлинения медного покрытия

5.3.1.1 Метод регламентирует определение прочности на растяжение и удлинения медного покрытия в процентах посредством тестирования механического усилия.

В качестве объекта испытания подготовляют образцы из гальванически осажденной меди из электролита, применяемого для покрытия печатных плат, представляющие собой прямоугольные полоски или в виде «собачьей кости» размерами 13 × 150 мм, толщиной 0,05—0,1 мм.

Тестирование проводят на 10 образцах. На образцах не должно быть складок, морщин, заусенцев, вмятин.

5.3.1.2 Аппаратура и приборы

Для приложения растягивающей нагрузки используют тестер с постоянным усилием, способный обеспечить растяжение со скоростью от 0,05 мм/мм до 0,5 мм/мм в минуту образца в самом узком месте между двумя захватами на краях.

Для подготовки образцов используют фотошаблон полоски или «собачьей кости», обеспечивающий требуемые размеры образца, и режущий инструмент для разрезания пластины в соответствии с заданными размерами.

Для термообработки образцов перед испытаниями применяют печь, в которой поддерживается температура (125 ± 5) °С.

Для взвешивания образцов применяют весы с точностью до 1 мг.

Для измерений применяют прецизионный микрометр с точностью измерения до 0,0025 мм и прецизионное линейное устройство с точностью 0,025 мм.

5.3.1.3 Изготовление образцов для испытаний допускается осуществлять двумя способами:

а) технология с использованием фотошаблона состоит в нанесении на очищенную пластину из нержавеющей стали негативного резиста и получении рисунка, на который в дальнейшем осаждается гальваническая медь толщиной 0,05—0,1 мм при плотности тока, идентичной плотности тока при изготовлении печатных плат. Затем с пластины осторожно снимают медные образцы и разбраковывают, подбирая для испытаний образцы без каких-либо дефектов.

б) технология с использованием режущего инструмента состоит в осаждении гальванической меди слоем толщиной 0,05—0,1 мм на всю подготовленную пластину из нержавеющей стали, осторожном снятии меди с пластины и разрезании снятого слоя на образцы необходимого размера.

5.3.1.4 Перед испытаниями необходимо провести термообработку образцов при температуре (125 ± 5) °С в течение 4—6 ч, затем образцы охлаждают до комнатной температуры.

5.3.1.5 Проведение испытаний

На подготовленных образцах в их узком месте с помощью прецизионного измерительного устройства делают отметку 50 мм по длине с точностью 0,01 мм.

Затем образцы взвешивают с точностью 0,001 г и рассчитывают среднюю площадь поперечного сечения прямоугольной полоски в квадратных миллиметрах по формуле (1):

$$\text{Средняя площадь поперечного сечения} = \frac{\text{Масса образца, г}}{\text{Длина образца, мм} \cdot \text{Плотность меди, г/мм}^3} . \quad (1)$$

Примечание — Удельный вес осажденной меди — 8,909 г/см^3.

Подбирают соответствующий предел нагрузки для измерителя растяжения в мегапаскалях так, чтобы ожидаемое усилие было в приемлемых пределах нагрузки для испытуемого образца, рассчитав его по формуле (2):

$$\text{Предел прочности на растяжение} = \frac{\text{Максимальная нагрузка, Н}}{\text{Средняя площадь поперечного сечения, мм}^2} . \quad (2)$$

Образец следует поместить в зажимное приспособление измерителя растяжения, правильно расположив центр и ось образца в соответствии с указаниями в паспорте прибора и привести в действие головку прибора с поперечным перемещением так, чтобы разрушить образец.

Процент удлинения можно определить, если аккуратно соединить вместе концы разрушенного образца и измерить расстояние между метками на образце с помощью прецизионного измерительного устройства с точностью 0,25 мм. Увеличение длины участка между метками является значением удлинения. Процент удлинения рассчитывают по формуле (3):

$$\text{Процент удлинения} = \frac{(\text{Длина при разрушении, мм} - \text{Начальная длина (50 мм)}) \cdot 100}{\text{Начальная длина (50 мм)}} . \quad (3)$$

За искомое значение принимают среднее из пяти показаний.

5.3.2 Определение прочности на отслаивание проводников

5.3.2.1 Метод позволяет определить величину адгезии проводников к материалу основания печатной платы при нормальных атмосферных условиях.

Испытание следует проводить на прямых проводниках шириной не менее 0,8 мм, длиной — более 75 мм. Если на печатной плате имеются проводники с дополнительным гальваническим покрытием, они должны быть также испытаны.

5.3.2.2 Аппаратура и приборы

Для отрыва проводников используют тестер, способный обеспечить постепенно увеличивающееся усилие для отрыва проводника со скоростью, не превышающей 50 мм/мин.

5.3.2.3 Перед испытанием с помощью скальпеля один конец проводника аккуратно отделяют от основания платы на длину около 10 мм.

Отделенный конец проводника захватывают по всей ширине зажимом тестера, а затем перпендикулярно поверхности платы прикладывают постепенно увеличивающееся усилие, чтобы проводник начал отделяться от основания печатной платы с постоянной скоростью. Испытание продолжают до тех пор, пока отслоившийся участок проводника не достигнет длины около 25 мм.

За прочность на отслаивание проводника от основания печатной платы принимают минимальное значение силы на единицу ширины, необходимое для отслаивания проводника, полученное при испытании по крайней мере четырех проводников.

5.3.3 Определение прочности на отрыв контактных площадок неметаллизированных отверстий

5.3.3.1 Метод обеспечивает контроль адгезии контактных площадок к основанию печатной платы после операции пайки. За прочность на отрыв контактных площадок принимают силу, перпендикулярную поверхности печатной платы, необходимую для отделения контактной площадки от материала основания.

Испытания проводят на круглых контактных площадках, отделенных от примыкающих проводников. В отверстия, расположенные в центре контактных площадок, впаивают отрезки проволочек.

5.3.3.2 Аппаратура и приборы

Для припаивания проволочки используют ванну с припоем или паяльник.

Для отрыва используют тестер, способный обеспечить постепенно увеличивающееся усилие со скоростью, не превышающей 50 мм/мин, под прямым углом к поверхности образца.

5.3.3.3 Перед испытаниями проводят несколько циклов перепайки.

Число циклов и температура пайки определяются согласно договору между поставщиком и заказчиком. После последнего цикла пайки образцу дают остыть в нормальных атмосферных условиях в течение 30 мин.

Усилие прикладывают до полного отрыва контактной площадки. За прочность на отрыв контактных площадок принимают минимальный результат, полученный при отрыве десяти испытанных контактных площадок от материала основания.

5.3.4 Определение прочности на вырыв покрытий из сквозного металлизированного отверстия

5.3.4.1 Метод позволяет оценить способность сквозных металлизированных отверстий без контактных площадок выдерживать неоднократные перепайки. В качестве объекта испытаний используют тест-купоны или готовые печатные платы с определенным числом металлизированных отверстий без контактных площадок.

5.3.4.2 Аппаратура и приборы

Для вырыва используют тестер, способный обеспечить постепенно увеличивающееся усилие со скоростью, не превышающей 50 мм/мин, под прямым углом к поверхности образца.

Для пайки используют ванну с припоем или паяльник.

5.3.4.3 Перед испытаниями в испытуемые отверстия впаивают облуженные отрезки проволоки, повторяя эту операцию несколько раз. Конец проволоки вставляют в отверстие так, чтобы он выступал на противоположной стороне образца на расстояние не менее 1,5 мм. Выступающий конец проволоки должен быть прямым. Число циклов пайки и температуру пайки определяют по договоренности между поставщиком и заказчиком.

После последнего цикла пайки образец охлаждают при комнатной температуре в течение 30 мин.

Усилие прикладывают с постепенным увеличением до тех пор, пока металлизация отверстия не отделится от материала основания.

За прочность на вырыв принимают минимальный результат, полученный при испытании десяти отверстий.

5.3.5 Контроль адгезии паяльной маски (метод липкой ленты)

5.3.5.1 Метод применяют для контроля адгезии паяльной маски, нанесенной на поверхность печатной платы сверху оплавляемых и неоплавляемых покрытий. Контроль адгезии проводят как перед пайкой, так и после пайки печатных плат.

В качестве образца используют тест-купон *G*, чертеж которого приведен в ГОСТ Р 55693. Для изготовления тест-купона берут фольгированный материал с толщиной фольги 35 мкм. На купон наносят металлическое покрытие, применяемое в технологическом процессе изготовления печатных плат, которое затем покрывают паяльной маской.

5.3.5.2 Аппаратура и материал

Самоклеющаяся липкая лента шириной 1,3 см, чувствительная к давлению, имеющая прочность прилипания от 44 до 66 Н/100 мм.

Примечание — Не следует использовать для испытания липкую пленку, имеющую просроченный срок годности или хранения.

5.3.5.3 Подготовку купона и нанесение резиста под пайку проводят стандартным методом.

Отрезок липкой ленты длиной 50 мм прижимают к поверхности тест-купона без воздушных пузырьков. Липкую ленту следует располагать поперек образца. Оставшуюся незакрытую поверхность образца допускается использовать для повторного испытания. Удаление пленки проводят быстрым отрывом ее под прямым углом к поверхности образца. Время между наклеиванием и удалением пленки должно быть не более 1 мин.

Затем проводят визуальный осмотр поверхности пленки и поверхности тест-купона для проверки наличия отслоения маски от образца.

5.3.6 Контроль адгезии металлического покрытия (метод липкой ленты)

5.3.6.1 Метод применяют для оценки адгезии металлического покрытия к основному металлу. Оценку проводят независимо от толщины, твердости или паяемости металлического покрытия.

В качестве образца выбирают участок печатной платы с проводниками. Испытуемая площадь должна быть не менее 1 $см^2$.

5.3.6.2 Применяемая липкая лента и методика проведения испытания идентичны 5.3.5 настоящего стандарта.

Примечание — Участки с гальваническим покрытием, предназначенные для проведения испытаний, следует отделить от остальных участков печатной платы, прорезав на толщину покрытия. Испытуемый участок можно также разделить прорезями на интервалы 2 мм.

5.3.7 Контроль адгезии металлического покрытия (метод полировки)

5.3.7.1 Метод позволяет оценить способность металлического покрытия выдерживать напряжения, возникающие при полировке, которые могут иметь место при эксплуатации, например на концевых контактах.

Испытания проводят на участках готовых печатных плат с гальваническим покрытием.

5.3.7.2 Аппаратура и приборы

Испытания проводят с помощью стального стержня диаметром 6—6,5 мм с гладким полусферическим концом.

5.3.7.3 Участок проводящего рисунка печатной платы с гальваническим покрытием подвергают интенсивному трению с нажимом концом стержня в течение 15 с. Прикладываемое усилие должно обеспечивать полировку поверхности покрытия. Испытуемый участок подвергают визуальному осмотру.

5.3.8 Определение обрабатываемости паяльной маски

5.3.8.1 Метод позволяет оценить возможность механической обработки печатных плат с покрытием паяльной маской.

Для испытаний используют шесть образцов с покрытием паяльной маской, три из которых перед испытаниями должны пройти обработку в расплавленном припое.

5.3.8.2 Аппаратура и приборы:

- сверлильный станок со сверлом диаметром 6,35 мм, с частотой (1500 ± 250) мин$^{-1}$;
- стандартная фреза, режущая часть которой должна быть острой, в хорошем рабочем состоянии;
- полотно пилы — ширина 1,2 см, размер зуба 0,89 мм и шаг 10—14 мм;
- квадратный штамп размерами 2,5 × 2,5 см, зазор между штампом и матрицей должен быть в пределах 25—75 мкм;
- вибрационный резец.

5.3.8.3 Для проверки качества обработки на каждом образце сверлят по три отверстия, проводят фрезерование прямой кромки вдоль верхней стороны каждого образца, делают пропил вдоль нижнего края каждого образца. Для проверки штампуемости делают по одному удару штампа, применяя достаточную силу удара, чтобы удалить секцию из каждого образца.

После обработки проводят визуальный осмотр образцов на наличие сколов, трещин, неровностей в слое маски.

5.3.9 Плоскостность

5.3.9.1 В данном тест-методе представлены три процедуры контроля деформации печатных плат: изгиба и скручивания жестких печатных плат, жестких участков на жестко-гибких печатных платах и мультиплицированных заготовок.

Измерение деформации печатных плат с формой, отличной от прямоугольной, представляет большие трудности, поэтому следует провести необходимую тщательную оценку требований к таким платам со стороны заказчика. Данный метод тестирования не распространяется на печатные узлы, т. е. на печатные платы с установленными на них навесными элементами.

Первые две процедуры измерения могут дать только альтернативный результат: «годен — не годен», т. е. отражают наличие или отсутствие деформации печатной платы. Третья процедура представляет собой контрольный метод точного определения скручивания.

Испытуемый образец должен представлять собой печатную плату или мультиплицированную заготовку (одностороннюю, двустороннюю, многослойную или гибко-жесткую). Для контроля печатной платы с формой, отличной от прямоугольной, на плату накладывают прямоугольник, который полностью перекрывает испытуемую печатную плату. Отклонения размеров прямоугольника от размеров испытуемой платы должны быть минимальными. Этот способ дает лишь приблизительный результат по изгибу и скручиванию образца, т. к. измеренный результат будет меньше фактического.

5.3.9.2 Аппаратура и приборы

Для испытаний применяют:

- плиту с прецизионной поверхностью;
- тонкие пластинки — щупы;
- выравнивающие зажимные устройства;
- циферблатный индикаторный калибр;
- измерительные плитки Иогансона — плоскопараллельный измеритель длины;
- линейные измерительные устройства с необходимой точностью измерения;
- микрометр, обеспечивающий измерение толщины образца с необходимой точностью.

5.3.9.3 Измерение изгиба печатной платы

Процедура 1

Для измерения размеров сторон испытуемого образца его необходимо положить на плиту выпуклой стороной вверх и, прикладывая небольшое усилие для выравнивания деформации образца, измерить его длину и ширину.

Затем по формулам (4) и (4а) рассчитывают размеры тонких щупов для оценки «годен — не годен», которые вводят под образец для измерения максимального изгиба.

$$R_L = LB/100, \quad (4)$$

$$R_W = WB/100, \quad (4a)$$

где R_L — размер щупа, использованного для измерения изгиба по длине образца, мм;

R_W — размер щупа, использованного для измерения изгиба по ширине образца, мм;

L — длина образца, мм;

W — ширина образца, мм;

B — изгиб, максимально допустимый по техническим условиям на печатную плату, %.

Процедура 2

Образец необходимо поместить на плиту выпуклой стороной вверх. На каждом крае образца, прикладывая определенное усилие, следует нажать на оба угла для достижения контакта с поверхностью плиты. Определить самую высокую точку деформации по длине и ширине образца (R_L и R_W). Подвести щуп, размер которого соответствует допустимому значению деформации, под испытуемый образец в точке максимального отклонения от плоскости по ширине и по длине. Если щуп легко проскальзывает под образцом, деформация выше допустимого значения.

Процедура 3

Необходимо повторить операции, указанные выше, используя для измерения щупы, которые легко скользят между поверхностями образца и плиты. Постепенно увеличивать размер щупа до тех пор, пока не будет определен самый большой щуп, который может пройти между двумя поверхностями по длине и ширине платы. Необходимо измерить размер этого щупа и рассчитать деформацию в процентах по формулам (5) и (5а):

$$B_L = 100\ (R_L/L), \quad (5)$$

$$B_W = 100\ (R_W/W), \quad (5a)$$

где B_L — изгиб по длине печатной платы, %;

B_W — изгиб по ширине печатной платы, %;

R_L — измеренный максимальный размер щупа поперек длины образца, мм;

R_W — измеренный максимальный размер щупа поперек ширины образца, мм;

L — измеренная длина печатной платы, мм;

W — измеренная ширина печатной платы, мм.

5.3.9.4 Измерение скручивания печатной платы

Процедуры измерения скручивания печатных плат идентичны проверке изгиба. В отличие от контроля изгиба на испытуемой печатной плате необходимо измерить значение ее диагонали и расчет размера щупа провести по формуле (6):

$$R = 2DT/100, \quad (6)$$

где R — размер щупа, мм;

D — размер диагонали образца, мм;

T — максимально допустимое по техническим условиям скручивание печатной платы, %.

Примечание — Коэффициент 2 включен в формулу, т. к. когда один угол печатной платы принудительно касается прецизионной плиты, вертикальная деформация скручивания примерно удваивается.

При измерении скручивания необходимо добиться, чтобы три угла образца касались прецизионной плиты. При необходимости плату следует перевернуть. При контроле платы по процедуре 3 щупы вводят под один поднятый над плоскостью плиты угол. Расчет скручивания в процентах проводят по формуле (7):

$$\text{Скручивание (в процентах)} = 100R/2D. \quad (7)$$

5.3.9.5 При невозможности в процессе измерения скручивания добиться касания плиты тремя углами печатной платы проводят контрольное тестирование. Образец помещают на плоскую поверхность таким образом, чтобы два противоположных угла печатной платы касались этой поверхности или

оказывались от нее на приподнятой параллельной поверхности на одинаковой высоте. Затем необходимо сделать опоры для двух других углов платы, используя выравнивающие зажимные устройства или нечто подобное. Высота опор должна быть одинаковой, что необходимо проверить с помощью циферблатного индикатора.

Необходимо провести измерение диагонали печатной платы, высоты самой приподнятой части печатной платы и, не вызывая нарушения положения образца, снять показание циферблатного индикатора для одного из углов платы, контактирующего с поверхностью плиты.

Расчет процента скручивания проводят по формуле (8):

$$\text{Скручивание (в процентах)} = (R_1 - R_2) \cdot 100/L, \quad (8)$$

где R_1 — размер высоты самой приподнятой части платы, мм;

R_2 — показание циферблатного индикатора для угла платы, мм;

L — длина диагонали платы, мм.

5.3.10 Усталость от изгиба гибких печатных плат

5.3.10.1 Метод обеспечивает определение способности гибких печатных плат к многочисленным перегибам в процессе эксплуатации.

Для испытаний используют образцы гибкой печатной платы с рисунком проводников длиной 100 мм и шириной (22 ± 2) мм. К выступающим концам рисунка проводников подсоединяют изолированную проволоку небольшой длины. Желательно, чтобы все проводники имели единую цепь.

5.3.10.2 Аппаратура и приборы

Испытание проводят на специальном устройстве с двумя непроводящими стержнями, расположенными параллельно друг другу. Один стержень неподвижный, другой может двигаться взад и вперед с длиной перемещения около 75 мм и скоростью не более 75 циклов/мин. Устройство снабжено реле, которое фиксирует разрыв в цепи, в которую включен проводящий рисунок испытуемого образца, что приведет к остановке возвратно-поступательного движения стержня. Число циклов, выполненных в течение испытания, регистрирует счетчик.

5.3.10.3 Для испытания один конец образца закрепляют в зажиме одного стержня, другой — в зажиме другого стержня так, чтобы образец образовал петлю. Диаметр петли допускается регулировать изменением расстояния между стержнями. Образец располагают так, чтобы проводники находились внутри петли в продольном направлении. Возвратно-поступательное движение должно быть таким, чтобы перемещение петли было не менее 25 мм, а образец не перегибался в зажиме. Другой образец при испытании располагают так, чтобы проводники находились снаружи петли.

Испытание продолжают до выполнения заданного числа циклов или до разрыва цепи. Испытание повторяют дополнительно на двух образцах в поперечном направлении.

5.3.10.4 За значение усталости от изгиба принимают минимальное число циклов, вызывающее разрыв цепи в любом направлении с расположением рисунка проводников внутри или снаружи петли.

5.3.11 Испытание на виброустойчивость печатных плат

5.3.11.1 Испытание позволяет установить способность печатных плат сохранять параметры в пределах значений в соответствии с техническими требованиями на изделие в условиях воздействия вибрации.

Испытание проводят при воздействии синусоидальной вибрации.

5.3.11.2 Аппаратура и приборы

Для испытаний применяют вибрационную установку, обеспечивающую получение в контрольной точке синусоидальной вибрации с параметрами, установленными в стандарте, устанавливающем технические требования к печатным платам.

5.3.11.3 Испытание проводят под электрической нагрузкой путем плавного изменения частоты в заданном диапазоне от низшей к высшей и обратно. Частота перехода должна составлять 50 Гц. В диапазоне частот ниже частоты перехода поддерживают постоянную амплитуду перемещения, а выше частоты перехода — постоянную амплитуду ускорения. Скорость изменения частоты устанавливают равной 1—2 октава/мин. Испытание проводят при воздействии вибрации в двух взаимно перпендикулярных направлениях, если другие условия не указаны в технических требованиях.

Примечание — При необходимости увеличения времени контроля по сравнению с обеспечиваемым при заданной скорости изменения частот допускается устанавливать скорость изменения частоты меньше 1 октава/мин.

5.3.11.4 В процессе испытаний проводят контроль параметров с учетом критериев годности изделия. Проверяемые параметры должны быть согласованы между производителем и потребителем. Для проверки виброустойчивости рекомендуется выбирать параметры, по изменению которых можно судить об устойчивости изделия в целом, например целостность электрической цепи, нестабильность контактного сопротивления.

При определении у испытуемой платы критической частоты, на которой наблюдается ухудшение параметров, следует провести дополнительную выдержку на этой частоте в течение времени, указанного в технических требованиях к изделию, но не менее 5 мин.

5.3.12 Испытание на ударную устойчивость печатных плат

5.3.12.1 Испытание проводят с целью проверить способность печатных плат выполнять свои функции в условиях механических ударов многократного действия.

5.3.12.2 Аппаратура и приборы

Испытательная установка должна обеспечивать получение механических ударов многократного действия с амплитудой ускорения и длительностью действия, соответствующими требованиям воздействия, указанным в стандарте, содержащем технические требования к печатным платам.

5.3.12.3 Испытания проводят под электрической нагрузкой путем воздействия механических ударов многократного действия.

Форма импульса ударного ускорения рекомендуется близкой к полусинусоиде.

Воздействующие удары прикладывают поочередно в каждом из двух противоположных направлений по двум взаимно перпендикулярным осям симметрии изделия.

Контрольную точку выбирают в одном из следующих мест:

- на платформе стенда рядом с точкой крепления;
- на крепежном приспособлении,
- рядом с точкой крепления амортизатора при его наличии.

Изделия подвергают воздействию 20 ударов в каждом направлении воздействия, при этом частота следования ударов должна обеспечивать возможность контроля проверяемых параметров с учетом критериев годности печатной платы.

5.3.12.4 За критерий годности печатной платы рекомендуется принимать целостность электрической цепи или нестабильность контактного сопротивления.

5.4 Испытания на паяемость и перепайку

5.4.1 Испытание паяемости

5.4.1.1 Метод позволяет оценить паяемость поверхности и сквозных металлизированных отверстий печатных плат.

В качестве образцов для испытаний допускается применять тест-купоны или готовые печатные платы в состоянии поставки. Проверку паяемости проводят на образцах с числом точек проверки (отверстий и/или контактных площадок) не менее 30.

5.4.1.2 Аппаратура и приборы

Установка для проверки паяемости в виде ванны с припоем и держателем для образца, который при повороте обеспечивает соприкосновение поверхности образца с расплавленным припоем. Возможно также применение волны припоя.

Испытания на паяемость с использованием оловянно-свинцового припоя необходимо проводить при температуре (235 $\pm$ 5) °С. Испытания, проводимые с бессвинцовым припоем, осуществляются при температуре (255 $\pm$ 5) °С.

5.4.1.3 Перед испытанием с образцов удаляют консервирующее покрытие и наносят флюс методом погружения, дают возможность излишкам флюса стечь в течение 2—3 мин.

На испытуемый образец воздействуют расплавленным припоем в течение 3 с для образцов толщиной до 2 мм и в течение 5 с для образцов толщиной свыше 2 мм.

5.4.1.4 Качество паяемости оценивают визуально.

5.4.2 Испытание на перепайку

5.4.2.1 Испытание на перепайку проводят путем моделирования процесса повторной пайки в сквозные металлизированные отверстия для подтверждения способности печатной платы к проведению ремонта и устранения неисправностей. Требуется провести пять операций моделирования пайки после предварительного кондиционирования термообработкой.

В качестве образца для испытаний используют тест-купон или участок готовой печатной платы, как минимум, с тремя сквозными металлизированными отверстиями. Предпочтительно выбирать отверстия с максимальным числом соединений.

5.4.2.2 Аппаратура, приборы и материалы

Для испытаний применяют:

- паяльник для пайки и распайки с регулируемой температурой с точностью ±6 °С и предварительно выбранной температурой 260 °С, 315 °С или 371 °С в зависимости от типа используемой технологии пайки.

Примечание — Тип технологии пайки должен быть оговорен в протоколе испытаний;

- покрытую оловом медную проволоку с диаметром на 0,25—0,71 мм меньше диаметра контролируемого отверстия;
- припой для пайки, например Sn60Pb40A или Sn63Pb37A;
- жидкий флюс под пайку;
- металлограф с увеличением до 200×;
- конвекционную печь с принудительным воздухообменом при температуре от 120 °С до 150 °С;
- ножницы для резки проволоки;
- систему для удаления припоя с использованием вакуума.

5.4.2.3 Ручную пайку и операцию распайки проволоки проводят следующим образом:

1) проволоку впаивают в сквозное металлизированное отверстие;
2) проволоку распаивают и удаляют из отверстия;
3) проволоку повторно впаивают в отверстие;
4) проволоку повторно распаивают и удаляют из отверстия;
5) проволоку еще раз впаивают в отверстие.

После каждой пайки и распайки образец охлаждают до комнатной температуры. Каждое следующее испытание проводят на следующем отверстии в ряду.

Отрезок облуженной проволоки запаивают в отверстие так, чтобы она проходила через фольгу в отверстие. Образованная между проволокой и паяльником капелька припоя должна полностью покрыть контактную площадку. Время воздействия паяльника при пайке равно (4 ± 1) с, время воздействия при распайке также равно (4 ± 1) с. Паяльник не должен касаться контактной площадки. Во время пайки и последующего охлаждения проволока должна быть совершенно неподвижной.

5.4.2.4 После испытания микрошлиф отверстия проверяют на металлографическом микроскопе при увеличении 200× на наличие трещин, отслоения металлизации отверстия и других дефектов.

5.5 Электрические испытания

5.5.1 Контроль сопротивления сквозного металлизированного отверстия

5.5.1.1 На измерении сопротивления сквозного металлизированного отверстия основан неразрушающий контроль толщины металлизации в этом отверстии. В зависимости от геометрии отверстия и толщины слоя меди сопротивление будет меняться. Такие дефекты, как раковины, трещины или места с тонким покрытием, могут стать причиной повышения сопротивления по сравнению со значением, рассчитанным теоретически для конкретного отверстия. Расчет сопротивления отверстия проводят по формуле (9):

$$R = (\rho T)/(3{,}14 \cdot Dt), \quad (9)$$

где R — сопротивление, Ом;

T — толщина печатной платы, мм;

D — диаметр просверленного отверстия, мм;

t — толщина меди в отверстии, мм;

ρ — проводимость меди.

Когда известны значения D, T и R, можно рассчитать истинную толщину меди в отверстии t по формуле (10):

$$t = (\rho T)/(3{,}14 \cdot DR). \quad (10)$$

Примечание — Принимают, что проводимость меди равна 100 %.

В качестве образцов для испытаний применяют двусторонние или многослойные печатные платы толщиной до 9,5 мм со сквозными металлизированными отверстиями любого диаметра.

Примечание — При тестировании сквозных металлизированных отверстий на двусторонних и многослойных печатных платах измерение сопротивления металлизации должно проводиться только в отверстии и не должно затрагивать подсоединенный проводящий рисунок, когда в испытуемом отверстии присутствуют выводы от проводников. В этом случае по возможности выбирают параллельную схему, состоящую, как минимум, из двух отверстий, находящихся на отрезке 6,5 мм.

5.5.1.2 Аппаратура и приборы

Для контроля применяют:

- прибор, измеряющий сопротивление в микроомах по четырехзондовому методу. Для зондов применяют натяжное приспособление, которое обеспечивает надежный контакт зондов с металлизированным отверстием;
- вольтметр;
- трансформатор;
- источник постоянного тока.

Оборудование должно быть откалибровано для обеспечения адекватной проверки отверстий. Постоянное воспроизведение показаний для считывания подтверждает, что зонды имеют хороший контакт с металлом отверстия.

5.5.1.3 Оценку сопротивления сквозных металлизированных отверстий проводят при комнатной температуре, при этом испытуемая печатная плата должна быть предварительно выдержана при этой температуре в течение 1 ч. При испытании измерительный ток не должен быть более 0,1 А. Суммарная погрешность измерения не должна превышать 5 %.

Показания, считываемые с прибора, необходимо сравнить с кривыми калибрования, при этом, чтобы исключить ошибки, производитель должен сам снять калибровочные кривые «сопротивление — толщина меди», контролируя толщину меди по микрошлифам. Следует учесть, что покрытия для пайки — сплав олово-свинец, золото и др. могут исказить результаты из-за отличия сопротивления этих покрытий от сопротивления меди.

5.5.2 Контроль сопротивления межслойного соединения

5.5.2.1 Метод обеспечивает контроль качества металлизации на границе отверстие/контактная площадка. Измерения проводят на участках готовых печатных плат или на тест-купонах.

5.5.2.2 Измерения проводят по четырехзондовому методу аналогично 5.5.1. При этом сопротивление измеряют между двумя выбранными отверстиями. Контакт прибора с отверстиями осуществляют с помощью щупов, а также путем впаивания в отверстия соединительных проводников.

5.5.3 Контроль сопротивления проводников

Измерение сопротивления проводников проводят любым методом или по четырехзондовому методу, аналогичному 5.5.1, в случае разногласий в замерах. Проверку проводят на двух проводниках и в двух местах. Сила тока должна быть такой, чтобы не происходило заметного нагрева образца. Проводники для испытаний должны быть по возможности длинными и узкими.

5.5.4 Испытание током сквозных металлизированных отверстий

5.5.4.1 Метод обеспечивает проверку способности сквозных металлизированных отверстий выдерживать повышенную токовую нагрузку. Испытания проводят на готовых печатных платах, выбирая отверстия, которые кажутся подозрительными при визуальном осмотре.

5.5.4.2 Аппаратура и приборы

- источник постоянного или переменного тока;
- щупы для контакта с отверстием, способные осуществлять давление для создания надежного контакта с усилием порядка 1 Н.

5.5.4.3 Через сквозное металлизированное отверстие в течение 30 с пропускают ток, который необходимо постоянно контролировать. Значение токовой нагрузки зависит от диаметра проверяемого отверстия и должно соответствовать требованиям таблицы 2.

Таблица 2 — Значение токовой нагрузки

Диаметр отверстия, мм	Испытательный ток, А
0,6	8
0,8	9
1,0	11
1,3	14
1,6	16
2,0	20

5.5.5 Испытание током проводников

5.5.5.1 Метод позволяет оценить способность проводников и соединений между проводниками и металлизацией отверстий выдерживать токовую нагрузку.

Испытания проводят на готовых печатных платах или на тест-купоне.

5.5.5.2 Через проводник в течение определенного времени пропускают переменный или постоянный ток установленного значения, которое рассчитывают исходя из ширины и толщины проводника и нанесенных гальванических покрытий и которое должно постоянно контролироваться. Необходимо обеспечить надежный контакт между источником тока и испытуемым проводником.

5.5.6 Контроль целостности электрической цепи

5.5.6.1 Метод обеспечивает проверку целостности электрической цепи по схеме соединений проводящего рисунка печатной платы в соответствии с чертежом или фотошаблоном.

Испытания проводят на готовых печатных платах, на поверхности или между слоями печатной платы.

5.5.6.2 Аппаратура и приборы

Для испытания применяют механическое или автоматическое контрольное устройство с щупами, контактирующими с контактными площадками печатной платы. При наличии на печатной плате концевых контактов они могут быть использованы для испытаний. По возможности используют комбинацию испытательных щупов. Необходимо использовать приспособление, ограничивающее максимальный ток в пределах допустимой токовой нагрузки на испытательную цепь.

5.5.6.3 Заданное напряжение подводят к каждому проводнику по очереди через любую доступную контактную точку цепи и по очереди к каждой другой внешней точке, с которой должен быть соединен проводник.

Для более точной оценки целостности цепи ток, проходящий через каждый проводник, следует регулировать таким образом, чтобы обеспечить измерение сопротивления между любыми точками цепи.

5.5.7 Контроль коротких замыканий

5.5.7.1 Метод применяют для проверки отсутствия проводящего соединения между частями проводящего рисунка на печатной плате, которые не должны быть соединены в соответствии с чертежом, фотошаблоном и т. п.

Испытания проводят на готовых печатных платах между любыми цепями на поверхности или между слоями печатной платы.

5.5.7.2 Аппаратура и приборы

Для испытания применяют контактирующее приспособление, аналогичное 5.5.6 настоящего стандарта.

Источник испытательного напряжения должен быть связан с устройством для регулирования тока. Устройство должно ограничивать ток до значения, не превышающего токовую нагрузку испытуемой цепи, чтобы избежать перегрева.

5.5.7.3 Выбранные участки проводящего рисунка печатной платы с помощью щупов подключают к контактирующему приспособлению. Если на плате имеются концевые контакты, их допускается использовать при испытаниях.

Заданное напряжение подводят к участкам проводящего рисунка так, чтобы при наличии короткого замыкания ток на участке отключался.

5.5.8 Электрическая прочность изоляции наружных слоев печатной платы

5.5.8.1 Метод обеспечивает возможность оценить способность наружных слоев печатной платы выдержать без разрушения, искрения, дугового разряда и пробоя установленное испытательное напряжение.

Испытания проводят на выбранных участках серийной печатной платы.

Примечание — При выборе участков для испытания на наружных слоях многослойных печатных плат необходимо избегать влияния других слоев платы.

При проведении испытаний следует исключить возможность любого загрязнения, например отпечатков пальцев или попадания пыли.

5.5.8.2 Аппаратура и приборы

Источник напряжения должен обеспечивать напряжение постоянного тока или амплитудное напряжение переменного тока синусоидальной формы частотой от 40 до 60 Гц.

Приборы должны обеспечивать необходимое высокое напряжение и указывать электрический пробой или утечку тока в случае, если повреждение визуально не обнаружено.

5.5.8.3 Образец подвергают предварительному кондиционированию при нормальных атмосферных условиях в течение 24 ч.

Напряжение прикладывают между выбранными точками образца и постепенно повышают до установленного значения в течение 1 мин.

5.5.9 Электрическая прочность изоляции между слоями печатной платы

5.5.9.1 Метод обеспечивает возможность оценить способность печатной платы выдержать испытательное напряжение, приложенное к соседним слоям, без разрушения и электрического пробоя, обнаруженного приборами.

Испытание проводят на выбранных участках рисунков, расположенных на соседних слоях печатной платы.

5.5.9.2 Аппаратура, приборы и процедура испытаний должны соответствовать 5.5.7 настоящего стандарта.

5.5.10 Сопротивление изоляции на наружных слоях печатной платы

5.5.10.1 Метод обеспечивает измерение сопротивления изоляции на поверхности печатных плат или на слоях многослойных печатных плат перед прессованием.

Сопротивление изоляции на наружных слоях характеризует как качество материала основания, так и процесс изготовления печатных плат.

Зависимость сопротивления изоляции печатной платы от сопротивления изоляции базового материала выражается формулой (11):

$$R_{из} = 160R_{мат}\,(W/L), \qquad (11)$$

где $R_{мат}$ — сопротивление изоляции базового материала, МОм;

W — расстояние между проводниками, мм;

L — длина параллельных проводников, мм.

Сопротивление изоляции измеряют между любыми двумя выбранными точками проводящего рисунка на серийных печатных платах. Образцы предварительно кондиционируют при нормальных атмосферных условиях в течение 24 ч.

5.5.10.2 Аппаратура и приборы

Сопротивление изоляции измеряют соответствующим измерительным прибором. Испытательное напряжение при контроле должно быть (10 ± 1) В или (100 ± 15) В, или (500 ± 50) В, в соответствии с указаниями технической документации на печатную плату.

5.5.10.3 Испытательное напряжение прикладывают в течение 1 мин перед измерением. Необходимо получить стабильный показатель при измерении. Если показания прибора в течение 1 мин не стабилизируются, это должно быть отмечено в протоколе замеров.

5.5.11 Сопротивление изоляции между слоями печатной платы

5.5.11.1 Метод обеспечивает измерение сопротивления изоляции между соседними слоями печатной платы.

Сопротивление изоляции между слоями характеризует как качество обработки, так и качество материала основания и склеивающей прокладки или достаточность их толщины.

Измерения проводят между выбранными участками проводящих рисунков, расположенных на соседних слоях готовых печатных плат.

5.5.11.2 Аппаратура, приборы и метод измерения должны соответствовать 5.5.9 настоящего стандарта.

5.5.12 Импеданс

5.5.12.1 Все больше электронных устройств сегодня имеют дело с высокими скоростями передачи информации, что требует применения печатных плат с контролируемым импедансом для предотвращения искажения сигнала при передаче по проводникам. Проводник печатной платы является линией передачи, которая передает сигнал на высоких скоростях с малыми потерями формы, амплитуды и скорости. Контролируемый импеданс поднимает на новый уровень процесс проектирования печатных плат, выбор базового материала, способ и технологию изготовления таких плат. Даже применение паяльной маски может повлиять на значение волнового сопротивления.

Импеданс проверяют на тест-купонах, готовых печатных платах или на образцах базового материала. На печатных платах следует выбирать для испытания сигнальные проводники или участки земли.

5.5.12.2 Аппаратура и приборы

В качестве прибора для измерения импеданса используют рефлектометры, в частности динамический рефлектометр TDR. Принцип работы рефлектометра TDR состоит в посылке по проводникам импульса, регистрации его отражения и вычислении распределения волнового сопротивления проводника по всей его длине. Результирующая форма сигнала состоит из посланной волны и отраженной. По форме сигнала можно судить о расстоянии до места дефекта и причине изменения импеданса. Время нарастания импульса и полоса пропускания TDR должны быть достаточными для измерения длины проводника, т. е. для измерения коротких проводников необходимы краткое время нарастания импульса и

широкая полоса пропускания. Отношение между шириной полосы пропускания и временем подачи импульса выражается формулой (12):

$$F = 0{,}35/t, \quad (12)$$

где F — полоса пропускания, ГГц,

t — время нарастания импульса, нс.

Входное сопротивление рефлектометра TDR составляет 50 Ом.

5.5.12.3 Перед измерениями необходимо прибор TDR прогреть в течение не менее 1 ч и калибровать, установив следующий масштаб: по вертикали — 0,1 e/см, по горизонтали длина/время — 20 нс/см, коэффициент усиления — 50^{x}.

С конца испытуемого проводника длиной приблизительно 13 мм удаляют изолирующее покрытие.

Подсоединяют коаксиальный кабель к воздушной линии и соединяют с TDR. Доводят отношение длина/время до 5 или 10 и изменяют усиление до значения, когда вся длина кабеля станет видимой на экране.

Расчет импеданса проводят по формуле (13):

$$Z_0 = 50[(1 + e)/(1 - e)] \quad (13)$$

где Z_0 — импеданс, Ом;

e — основа натурального логарифма, равная 2,718.

Приложение А
(справочное)

Перечень испытаний

Таблица А.1 — Перечень испытаний печатных плат и тест-купонов

Наименование испытания	Номер пункта настоящего стандарта
Визуальный осмотр	**5.1**
Контроль поверхности нефольгированных и фольгированных материалов	5.1.1
Контроль глубины царапин на поверхности фольги диэлектрика	5.1.2
Контроль гибких материалов для печатных плат на наличие и размеры раковин и включений	5.1.3
Контроль поверхности металлической фольги	5.1.4
Оценка качества готовых печатных плат	5.1.5
Оценка структуры сквозных металлизированных отверстий	5.1.6
Контроль размеров	**5.2**
Механический контроль размеров	5.2.1
Оптический контроль размеров	5.2.2
Контроль размеров с использованием микрошлифов	5.2.3
Измерение размера просверленного отверстия	5.2.4
Измерение размера металлизированного отверстия	5.2.5
Контроль расположения отверстий	5.2.6
Контроль расположения отверстий повышенной точности	5.2.7
Контроль расположения отверстий и проводников	5.2.8
Контроль толщины гальванического покрытия в металлизированном отверстии с использованием микрошлифов	5.2.9
Механические испытания	**5.3**
Определение предела прочности при растяжении и удлинения медного покрытия	5.3.1
Определение прочности на отслаивание проводников	5.3.2
Определение прочности на отрыв контактных площадок немелаллизированных отверстий	5.3.3
Определение прочности на вырыв покрытий из сквозного металлизированного отверстия	5.3.4
Контроль адгезии паяльной маски (метод липкой ленты)	5.3.5
Контроль адгезии металлического покрытия (метод липкой ленты)	5.3.6
Контроль адгезии металлического покрытия (метод полировки)	5.3.7
Определение обрабатываемости паяльной маски	5.3.8
Плоскостность	5.3.9
Усталость от изгиба гибких печатных плат	5.3.10
Испытание на виброустойчивость печатных плат	5.3.11
Испытание на ударную устойчивость печатных плат	5.3.12
Испытания на паяемость и перепайку	**5.4**
Испытание паяемости	5.4.1
Испытание на перепайку	5.4.2
Электрические испытания	**5.5**
Контроль сопротивления сквозного металлизированного отверстия	5.5.1
Контроль сопротивления межслойного соединения	5.5.2
Контроль сопротивления проводников	5.5.3
Испытание током сквозных металлизированных отверстий	5.5.4
Испытание током проводников	5.5.5
Контроль целостности электрической цепи	5.5.6
Контроль коротких замыканий	5.5.7
Электрическая прочность изоляции наружных слоев печатной платы	5.5.8
Электрическая прочность изоляции между слоями печатной платы	5.5.9
Сопротивление изоляции на наружных слоях печатной платы	5.5.10
Сопротивление изоляции между слоями печатной платы	5.5.11
Импеданс	5.5.12

УДК 621.3.049.75:006.354 ОКС 31.180

Ключевые слова: печатная плата, методы испытаний печатных плат, оценка качества, визуальный осмотр, контроль размеров, механические испытания, электрические испытания

Редактор *В.С. Кармашев*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 06.08.2014. Подписано в печать 11.08.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,35. Тираж 56 экз. Зак. 3083.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru