ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55491— 2013

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ

Правила восстановления и ремонта

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Центральный научно-исследовательский технологический институт «Техномаш»

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2013 г. № 374-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных положений международного документа IPC-7711B/7721B «Доработка, модификация и ремонт электронных сборок» в части, касающейся печатных плат (IPC-7711B/7721B «Rework, Modification and Repair of Electronic Assemblies», MOD).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сравнение структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного документа приведено в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июнь 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, 2014, 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 Общие положения ... 2
5 Методы и средства доработки, модификации и ремонта печатных плат ... 4
5.1 Удаление покрытия с поверхности печатной платы ... 4
5.2 Замена паяльной маски ... 7
5.3 Приготовление эпоксидного состава ... 7
5.4 Замена надписей, маркировки печатной платы ... 8
5.5 Ремонт основания печатной платы ... 8
5.6 Ремонт неметаллизированных отверстий, пазов, прорезей ... 12
5.7 Ремонт и модификация печатных проводников ... 14
5.8 Размыкание печатных проводников и устранение коротких замыканий ... 22
5.9 Ремонт и модификация контактных площадок ... 25
5.10 Ремонт металлизированных отверстий ... 33
5.11 Ремонт и модификация посадочных мест компонентов BGA ... 35
5.12 Перемычки из проводов ... 38
Приложение ДА (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного документа IPC—7711B/7721B ... 41

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ

Правила восстановления и ремонта

Rework, modification and repair of electronic assemblies

Дата введения — 2014—03—03

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на односторонние, двусторонние и многослойные печатные платы на жестком, гибком и гибко-жестком основании и на гибкие печатные кабели.

Стандарт устанавливает основные технические требования, правила, типовые технологические процессы, инструмент и материалы, которые следует использовать для проведения ремонта и восстановления всех элементов печатных плат и печатных кабелей, обеспечивающие в дальнейшем функционирование изделий в соответствии с техническими условиями. Настоящий стандарт не ограничивает максимальное количество циклов ремонта, доработки или восстановления 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

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 23752 (СТ СЭВ 2742—80, СТ СЭВ 2743—80) Платы печатные. Общие технические условия

ГОСТ Р 53386 Платы печатные. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации 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, соответствующие ГОСТ Р 53386, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **доработка**: Переделка несоответствующей детали способом, обеспечивающим полное соответствие чертежу или техническим требованиям, путем использования предлагаемого или эквивалентного технологического процесса.

3.2 **модификация**: Пересмотр функциональных возможностей изделия в целях удовлетворения новым критериям. Модификация обычно требуется для введения конструктивных изменений, которые могут задаваться чертежом, изменением размещения и т. д. Модификация должна проводиться только после специального утверждения и подробного описания в учтенной документации.

3.3 **ремонт**: Восстановление функциональных свойств неисправной детали способом, не обеспечивающим соответствие изделия чертежу или спецификации.

4 Общие положения

4.1 Настоящий стандарт предназначен для использования в качестве руководства и не устанавливает специальных требований и критериев, отличающихся от регламентированных конструкторской или контрактной документацией на конкретные изделия.

4.2 Процедура, выбранная для действий с конкретной печатной платой (модификация, ремонт, восстановление и т. д.), должна соответствовать классу, определенному заказчиком. Заказчик изделия отвечает за определение класса изделия.

4.3 Существует три класса применения изделия:

- класс применения 1 — электронные изделия общего назначения (бытовая аппаратура). Включает в себя изделия, предназначенные для задач, в которых основным требованием является функционирование готового изделия электроники;
- класс применения 2 — специализированные электронные изделия (промышленная электронная аппаратура). Включает в себя изделия, от которых требуются продолжительная работа и увеличенный срок службы и для которых бесперебойная работа желательна, но не является особенно важной. Обычные условия эксплуатации не являются причиной отказов;
- класс применения 3 — высококачественные электронные изделия (спецтехника). Включает в себя изделия, для которых особую важность имеет бесперебойное функционирование или незамедлительный ввод в действие. Простой оборудования неприемлем, условия эксплуатации могут быть чрезвычайно суровыми, при этом оборудование должно функционировать там, где это требуется, например, в системах жизнеобеспечения и других ответственных системах.

4.4 При выборе процедуры воздействия на конкретную печатную плату необходимо учитывать тип этой платы.

4.5 В настоящем стандарте рассматриваются следующие типы и разновидности печатных плат:

- жесткие печатные платы;
- гибкие печатные платы;
- гибко-жесткие печатные платы;
- гибкие печатные кабели;
- платы с объемным электрическим монтажом.

4.6 Качество проведения процедур восстановления, модификации и ремонта печатной платы зависит от уровня квалификации специалиста:

- средний уровень — технический специалист, владеющий навыками пайки, но не имеющий опыта в основных процедурах ремонта/доработки;
- повышенный уровень — технический специалист с навыками пайки и доработки, знакомый с большинством процедур ремонта/доработки, но не имеющий обширной практики;
- эксперт — технический специалист с повышенными навыками пайки и доработки и обширным опытом в большинстве процедур ремонта/доработки.

4.7 Печатные платы, которые были подвергнуты доработке, восстановлению или ремонту, должны соответствовать функциональным требованиям, предъявляемым к изделию, и прочим параметрам, которые могут быть востребованы потребителем. При отсутствии каких-либо специальных критериев оценки принимают критерии ГОСТ 23752.

4.8 Модификация и ремонт по своей природе не имеют установленных промышленностью требований и критериев соответствия. Они должны определяться индивидуально и могут включать в себя изменения внешнего вида, например форму или расположение и размер фиксирующих отверстий, пазов, вырезов, не ухудшающие требований сборки к конкретной печатной плате.

4.9 Уровень соответствия модифицированного или восстановленного изделия определяется применяемым технологическим процессом ремонта/модификации, применяемыми средствами и оборудованием, а также квалификацией технического специалиста, проводящего работу.

4.10 Уровни соответствия подразделяются в зависимости от конечного результата:

- низкий уровень — значительное отличие от исходной физической характеристики, поэтому могут изменяться многие электрические, функциональные, эксплуатационные и сервисные факторы;
- средний уровень — некоторое отличие от исходной физической характеристики и вероятное изменение ряда электрических, функциональных, эксплуатационных и сервисных факторов;
- высший уровень — наиболее близкое воспроизведение исходных физических характеристик и наиболее вероятное соответствие всем функциональным, эксплуатационным и сервисным факторам.

Для изделий класса применения 3 следует использовать процедуры высшего уровня, если только не будет продемонстрировано, что процедура низшего уровня не будет неблагоприятно влиять на функциональные характеристики изделия.

Для изделий классов применения 1 и 2 следует использовать процедуры высшего уровня в целях гарантированной безопасности и надежности, однако можно воспользоваться процедурами среднего и низшего уровней, если установлено, что они пригодны для определенных функциональных характеристик изделия.

В таблице 1 представлено распределение процедур, содержащихся в настоящем стандарте, по уровням соответствия.

Таблица 1

Функциональная приемка	Уровень соответствия		
	Низший	Средний	Высший
Электрическая — сопротивление	Нет	Проверка	Да
Электрическая — индуктивность	»	»	»
Электрическая — емкость	»	»	»
Электрическая — перекрестные помехи	»	»	»
Электрическая — высокая частота	»	»	»
Эксплуатационная — удар	»	»	»
Эксплуатационная — вибрация	»	»	»
Эксплуатационная — влажность	Проверка	»	»
Эксплуатационная — температура	Да	Да	»
Эксплуатационная — пониженное давление	Проверка	Проверка	Проверка
Эксплуатационная — грибки	»	»	Да
Эксплуатационная — бактерии	»	»	»
Сервисная — будущий ремонт или модификация	Нет	Да	»

Примечания

1 «Нет» — процедура может не обеспечить соответствия функциональным показателям.

2 «Проверка» — процедура должна обеспечить соответствие функциональным показателям, но должна пройти испытание в целях проверки.

3 «Да» — процедура должна обеспечивать соответствие функциональным показателям.

4.11 Для проведения процесса доработки, модификации или ремонта печатной платы требуется соответствующее разрешение.

Если это не запрещено заказчиком, доработку в рамках производственного процесса допускается проводить без согласования с заказчиком, тогда как ремонт и модификация, как правило, требуют согласования.

4.12 Модификация, доработка и ремонт печатных плат являются очень трудоемким и сложным процессом, не поддающимся автоматизации и зависящим от навыков оператора, применения надлежащих инструмента, оборудования и материалов, многие из которых применяются только для процессов ремонта.

4.13 Для облегчения выполнения ручных операций и повышения вероятности успешного выполнения операции требуется применение следующих инструмента и материалов:

- оптические системы с увеличением от 3 до 30^{x}, с хорошим разрешением и полем обзора;
- ассортимент специального паяльного инструмента с регулировкой температуры, защитой от электростатического разряда и перенапряжения, с комплектом наконечников для выполнения отдельных операций, соответствующих конкретной задаче;
- ручной сверлильный и шлифовальный инструмент и прецизионная система сверления/шлифования;
- широкий ассортимент ручного инструмента, включая пинцеты, плоскогубцы, напильники, стоматологические зонды, режущий инструмент и др.;
- пистоны и система пистонирования; пистоны должны быть медными, облуженными;
- припои, флюсы;
- эпоксидные составы, клеи и красящие компоненты;
- проводники и контактные площадки, изготовленные из медной фольги и покрытые припоем, никелем или золотом для ремонта концевых контактов; они могут быть с клеевой основой, расположенной на обратной стороне, или без нее.

4.14 Доработку, модификацию и ремонт печатных плат следует проводить по инструкции предприятия, разработанной в соответствии с технологическими процедурами, приведенными в настоящем стандарте и утвержденными в установленном порядке.

5 Методы и средства доработки, модификации и ремонта печатных плат

5.1 Удаление покрытия с поверхности печатной платы

В ряде случаев при проведении доработки, модификации или ремонта печатной платы требуется удаление с ее поверхности нанесенного покрытия, например, паяльной маски.

Удаление покрытия допускается проводить одним из перечисленных ниже способов или их совокупностью:

- удаление покрытия методом растворения. Метод применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- удаление покрытия методом отслаивания. Метод применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- удаление покрытия термическим методом. Метод применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- удаление покрытия методом шлифования/зачистки. Метод применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- удаление покрытия микроструйным методом. Метод применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

5.1.1 Для удаления покрытия методом растворения используется растворитель. Данной процедурой допускается пользоваться для удаления паяльной маски как в выбранной точке, так и по всей поверхности. Растворитель наносят тампоном малыми дозами до полного освобождения обрабатываемого участка от покрытия.

При условии гарантированного результата покрытие растворимого типа можно удалять погружением всей печатной платы в растворитель с последующей чисткой с помощью щеток.

При использовании данного метода необходимо учитывать, что некоторые растворители могут стать причиной увеличения объема или вздутия материала, таким растворителем пользоваться недопустимо.

Следует проводить осмотр печатной платы, чтобы убедиться в отсутствии повреждений основания печатной платы.

Процедура удаления покрытия методом растворения представлена на рисунках 1 a, 1 b.

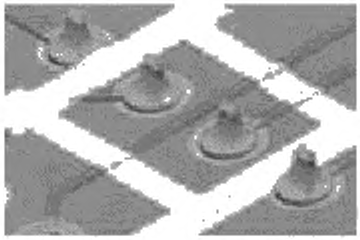

Рисунок 1 a — Выделение участка ремонта с помощью липкой ленты

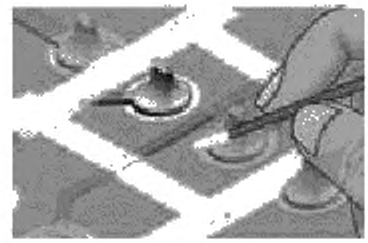

Рисунок 1 b — Нанесение растворителя тампоном для удаления покрытия

5.1.2 Метод удаления покрытия с помощью отслаивания допускается применять только в особых случаях для удаления отвержденного при комнатной температуре силикона или других толстых резиноподобных материалов. Покрытие удаляют ножом. Следует проводить визуальный осмотр для подтверждения полного удаления покрытия и отсутствия повреждений печатной платы.

Этот метод обычно применяется при ремонте печатной платы в составе печатного узла.

Процедура удаления покрытия методом отслаивания представлена на рисунках 2 a, 2 b.

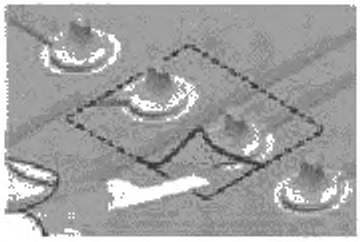

Рисунок 2 a — Подрезание и отслаивание покрытия ножом

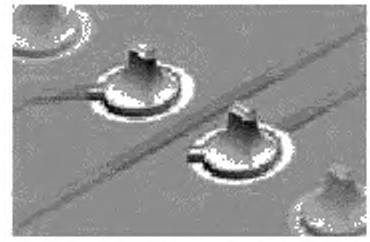

Рисунок 2 b — Удаление покрытия завершено

5.1.3 Удаление покрытия термическим методом применяется для замены паяльной маски, а также для удаления толстых покрытий.

В данной процедуре используют специальные нагревательные элементы разнообразной формы с незаточенными кромками и регулируемой температурой или управляемую струю горячего воздуха или инертного газа, при этом материал покрытия сдувается этой струей или удаляется неповреждающими приспособлениями. Не рекомендуется пользоваться луженными наконечниками паяльников или подогреваемыми паяльниками лезвиями, т. к. их температуру невозможно регулировать, а острыми кромками можно повредить поверхность печатной платы.

Процедура удаления покрытия термическим методом представлена на рисунках 3 a, 3 b, 3 c.



Рисунок 3 a — Применение термической насадки для размягчения материала покрытия

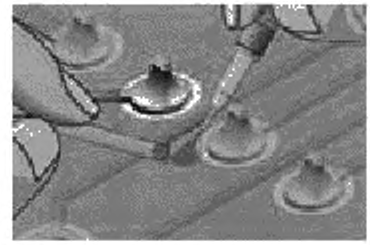

Рисунок 3 b — Удаление отвержденного покрытия с обрабатываемого участка

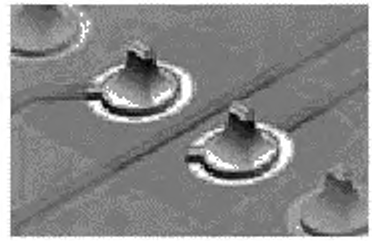

Рисунок 3 c — Удаление покрытия завершено

5.1.4 Для удаления покрытия методом шлифования/зачистки обычно пользуются ножом или скальпелем, возможно использование бормашины, могут потребоваться различные абразивные материалы, а также сферические фрезы.

Особое внимание следует обратить на возможность повреждения поверхности печатной платы. Во избежание повреждения при использовании ножа и скальпеля лезвие следует держать перпендикулярно поверхности покрытия и производить движение из стороны в сторону, пока материал не будет удален.

Процедура удаления покрытия представлена на рисунках 4 a, 4 b, 4 c, 4 d.

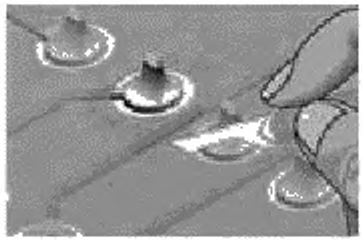

Рисунок 4 a — Отделение поврежденного или нежелательного покрытия

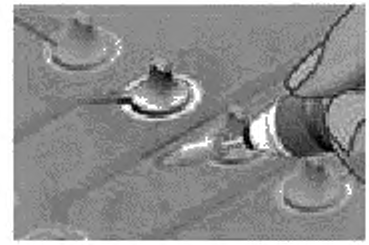

Рисунок 4 b — Тонкое твердое покрытие удаляют упругим абразивным материалом



Рисунок 4 c — Мягкое покрытие удаляют вращающимися щетками

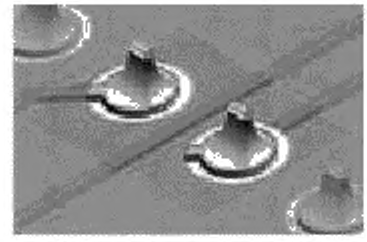

Рисунок 4 d — Удаление покрытия завершено

5.1.5 Удаление покрытия микроструйным методом проводят с помощью специальной микроструйной абразивной системы с очень мелким размером частиц и соплом малого диаметра. Применение микроструйного метода может создавать значительные электростатические заряды, поэтому печатная плата должна быть заземлена. После проведения операции следует тщательно удалить остатки абразивного микропорошка.

Процедура удаления покрытия микроструйным методом представлена на рисунках 5 a, 5 b, 5 c.

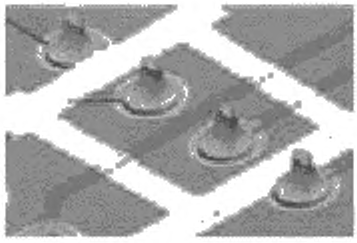

Рисунок 5 a — Выделение участка ремонта липкой лентой

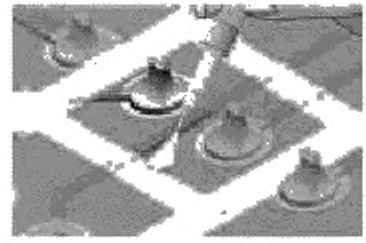

Рисунок 5 b — Удаление покрытия микроструйной системой



Рисунок 5 c — Удаление покрытия завершено

5.2 Замена паяльной маски

Замену паяльной маски допускается применять для всех типов печатных плат, уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий.

Перед покрытием все покрываемые поверхности должны быть тщательно очищены для обеспечения надлежащей адгезии, исключения коррозии и оптимизации электрических показателей.

Большинство заменяемых покрытий может быть нанесено кистью, погружением или напылением. Для ограничения участка, на который будет нанесена паяльная маска, допускается воспользоваться полиимидной лентой.

Процедура замены покрытия представлена на рисунках 6 a, 6 b.

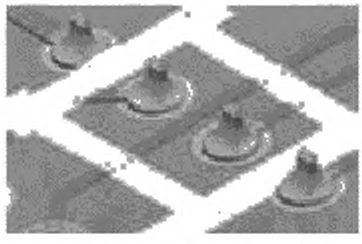

Рисунок 6 a — Выделение участка ремонта липкой лентой

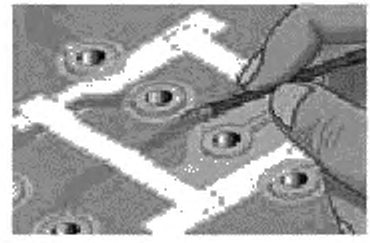

Рисунок 6 b — Нанесение заменяющего покрытия тампоном

5.3 Приготовление эпоксидного состава

Эпоксидный состав применяют для многих целей при ремонте печатных плат, в том числе для ремонта основания печатной платы, печатных проводников и других проводящих элементов печатной платы и т. д. Процедура применима для всех типов печатных плат, уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий.

Перед смешиванием эпоксидного состава необходимо подготовить участок, предназначенный для его нанесения, чтобы готовая эпоксидная композиция была использована до истечения срока жизнеспособности, указанного в технических условиях на материал.

5.4 Замена надписей, маркировки печатной платы

5.4.1 Замену маркировочных знаков на печатной плате допускается проводить следующими методами:

- метод штампования — применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий;
- рукописный метод — применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий;
- метод трафарета — применим для всех типов печатных плат, уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий.

5.4.2 Все методы применяют для изменения или добавления надписей и маркировки на поверхности печатной платы.

Знаки наносят эпоксидным составом с помощью штампов или от руки пером, при использовании метода трафарета краску наносят с помощью кисти или валика через трафарет с контурами символов. Заменяемые символы предварительно удаляют с поверхности соскабливанием.

Разные способы нанесения маркировочных знаков представлены на рисунках 7 a, 7 b, 7 c, 7 d.

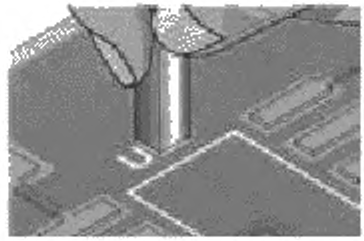

Рисунок 7 a — Нанесение маркировки штампом



Рисунок 7 b — Нанесение маркировки через трафарет

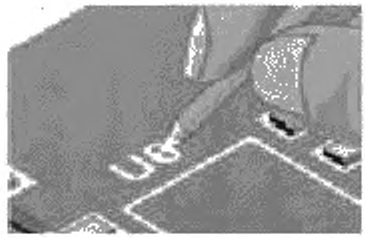

Рисунок 7 c — Нанесение маркировки палочкой, смоченной эпоксидным составом

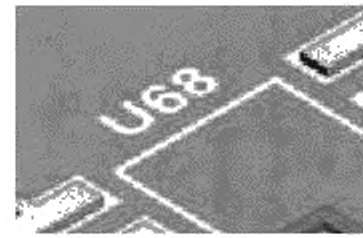

Рисунок 7 d — Восстановленная маркировка

5.5 Ремонт основания печатной платы

5.5.1 Устранение пузырей и расслоений основания печатной платы проводят методом инъекции. Метод применим для жестких и гибко-жестких печатных плат в их жестких частях. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

Дефекты основания печатной платы устраняют инъекцией слабо вязкого эпоксидного состава в полость пузыря/расслоения. Данный метод применим только в случае обширного расслоения, чтобы эпоксидный состав мог свободно проникнуть в образовавшуюся полость. При наличии пузырей в основании доступ к ним осуществляют путем просверливания бормашиной, снабженной шаровой фрезой. Сверление следует производить в местах, свободных от проводящего рисунка. Следует просверлить по крайней мере два отверстия в зоне пузыря.

Технологические операции устранения пузырей представлены на рисунках 8 a, 8 b, 8 c.

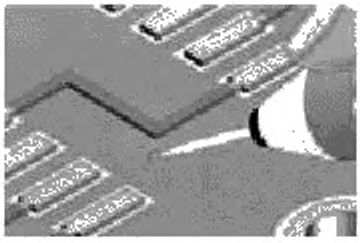

Рисунок 8 a — Сверление отверстия в полость отслоения

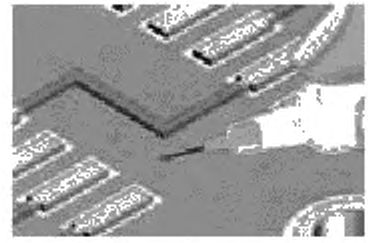

Рисунок 8 b — Введение эпоксидного состава в полость



Рисунок 8 c — Завершенный ремонт

5.5.2 Метод ремонта материала основания с использованием эпоксидного состава применяют для ликвидации незначительных повреждений основания жестких односторонних, двусторонних и многослойных печатных плат, а также для ремонта глубоких, но не сквозных повреждений. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

На поврежденных поверхностях может потребоваться снятие наружных проводников, которые в дальнейшем должны быть восстановлены одним из методов, представленных в настоящем стандарте.

Предварительно с поверхности основания сферической фрезой удаляют поврежденный участок материала, а образовавшееся углубление заливают эпоксидным составом. Печатная плата перед заливкой должна быть предварительно подогрета для облегчения растекания и выравнивания эпоксидного клея, а также для исключения его усадки в процессе отверждения.

Процедура ремонта представлена на рисунках 9 a, 9 b, 9 c, 9 d.

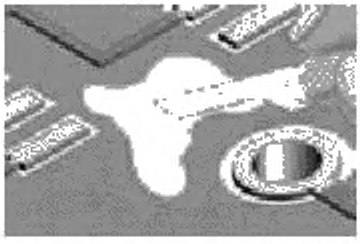

Рисунок 9 a — Удаление поврежденного материала

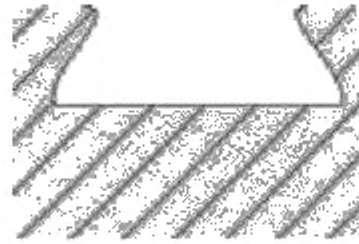

Рисунок 9 b — Подрез для увеличения механической прочности



Рисунок 9 c — Нанесение эпоксидного клея деревянной палочкой



Рисунок 9 d — Создание текстуры поверхности пористым тампоном

5.5.3 Ремонт основания печатной платы методом трансплантации применяют для жестких односторонних, двусторонних и многослойных печатных плат, если требуется замена обширных участков поврежденного материала. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — высокий.

На поврежденных участках потребуется замена печатных проводников объемными проводами.

После удаления поврежденного участка основания на поврежденном участке торцевой фрезой выполняют уступ в кромке платы для установки нового фрагмента. Глубина и ширина уступа должна быть равной приблизительно ½ толщины печатной платы. Из подобного материала вырезают имплантант, который по размеру и форме соответствует вырезу на печатной плате. Имплантант, торцы которого смазывают эпоксидным составом, вставляют в вырез печатной платы, избыток эпоксидного состава после отверждения удаляют ножом.

На рисунках 10 a, 10 b, 10 c, 10 d, 10 e,10 f представлен технологический процесс ремонта базового материала методом трансплантации.



Рисунок 10 a — Удаление поврежденного материала фрезой



Рисунок 10 b — Выравнивание кромки ручной дрелью или надфилем



Рисунок 10 c — Создание уступа в кромке печатной платы



Рисунок 10 d — Создание уступа в кромке имплантанта

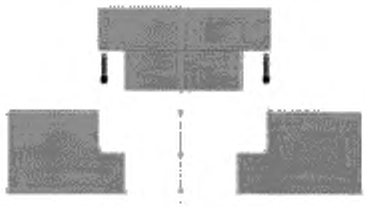

Рисунок 10 e — Приклейка имплантанта по месту

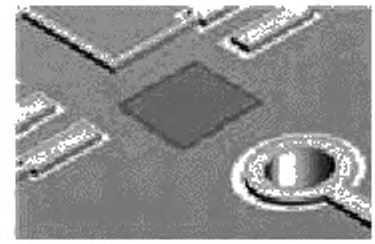

Рисунок 10 f — Завершенный ремонт

При необходимости замены поврежденного участка материала основания на краю печатной платы ремонт проводят по той же технологии, в качестве имплантанта выбирают отрезок базового материала той же марки и той же толщины, что и материал основания печатной платы. После отверждения эпоксидного состава излишек базового материала удаляют с помощью фрезерования.

Процесс ремонта представлен на рисунках 11 a, 11 b, 11 c, 11 d, 11 e, 11 f.

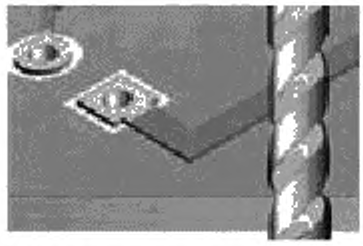

Рисунок 11 a — Удаление поврежденного материала

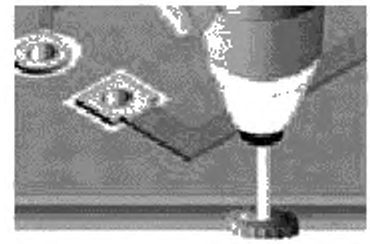

Рисунок 11 b — Фрезерование канавки в кромке печатной платы

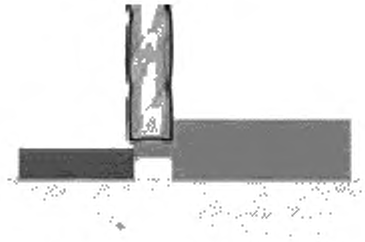

Рисунок 11 c — Фрезерование уступа в кромке имплантанта



Рисунок 11 d — Приклеивание имплантанта

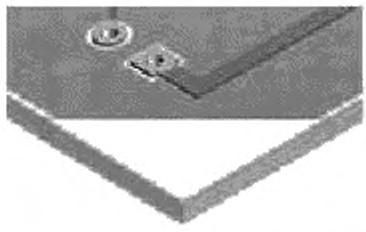

Рисунок 11 e — Удаление излишка нового материала с торцов платы

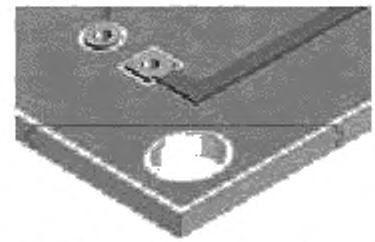

Рисунок 11 f — Сверление отверстия или восстановление электрической цепи при необходимости

5.5.4 Устранение прогиба и скручивания основания печатной платы с помощью контролируемого нагрева применяют для жестких печатных плат и для плат с объемным электрическим монтажом. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

Данный метод наиболее пригоден для материалов, температура стеклования которых ниже 125 °С.

Перед нагревом на печатную плату следует наложить прижимные полосы вдоль стороны, требующей доработки. В случае если печатная плата имеет коробление больше, чем по одной стороне, или больше, чем в одной плоскости, то всю плату следует прижать к плите.

Плату подвергают нагреву и выдержке при температуре 125 °С в течение 1 ч, затем нагрев выключают, а плата остается в печи для медленного остывания до комнатной температуры.

Процедура ремонта представлена на рисунках 12 a, 12 b.



Рисунок 12 a — Проверка прогиба печатной платы



Рисунок 12 b — Наложение прижимных полос вдоль стороны, требующей доработки

5.6 Ремонт неметаллизированных отверстий, пазов, прорезей

5.6.1 Метод ремонта с использованием эпоксидного состава применяют для устранения косметических и незначительных повреждений неметаллизированных отверстий, пазов и других вырезов на жестких односторонних, двусторонних и многослойных печатных платах. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

По данному методу поврежденные поверхности в отверстиях и вырезах восстанавливают с помощью высокопрочного эпоксидного клея. Поврежденный материал предварительно удаляют. При повреждении в процессе ремонта проводников на внутренних слоях многослойной печатной платы может потребоваться их восстановление с помощью проволочных перемычек.

Процесс ремонта отверстий представлен на рисунках 13 a, 13 b.



Рисунок 13 a — Удаление поврежденного материала фрезерованием

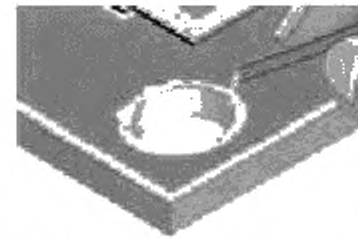

Рисунок 13 b — Введение эпоксидного состава заостренной деревянной палочкой

Процесс ремонта ключей и прорезей представлен на рисунках 14 a, 14 b, 14 c.

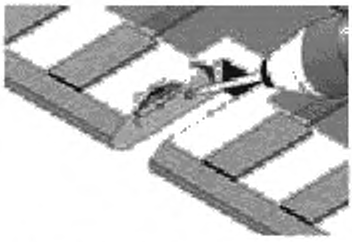

Рисунок 14 a — Удаление поврежденного материала фрезерованием

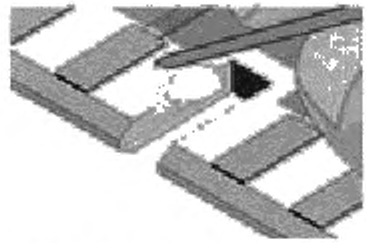

Рисунок 14 b — Нанесение эпоксидного состава на кромки прорези

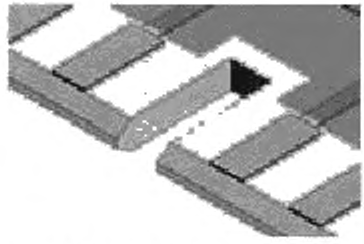

Рисунок 14 c — Восстановленная прорезь

5.6.2 Ремонт пазов и неметаллизированных отверстий методом трансплантации применяют для устранения серьезных повреждений размера и формы крепежного или неметаллизированного монтажного отверстия, ключа в виде прорези и т. п. на жестких односторонних, двусторонних и многослойных печатных платах. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — высокий.

При данном методе ремонта применяют вставки из материала, аналогичного базовому материалу печатной платы, и высокопрочный эпоксидный клей для фиксации вставки по месту. После закрепления вставки сверлят новое отверстие или делают новую прорезь.

Процесс ремонта отверстий представлен на рисунках 15 a, 15 b, 15 c.

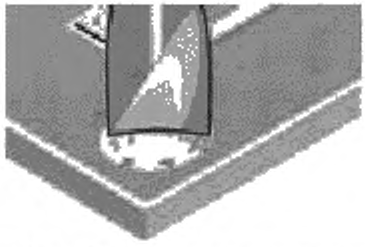

Рисунок 15 a — Фрезерование нового отверстия для перекрытия повреждения

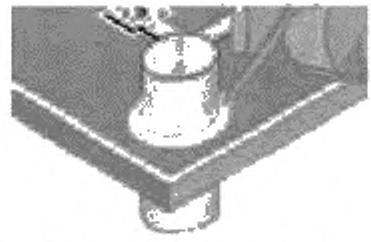

Рисунок 15 b — Приклеивание имплантанта по месту

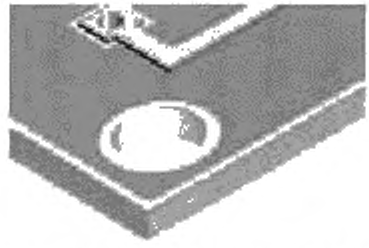

Рисунок 15 c — Удаление избыточного материала имплантанта и сверление нового отверстия

Процесс ремонта прорезей представлен на рисунках 16 a, 16 b, 16 c, 16 d, 16 e.

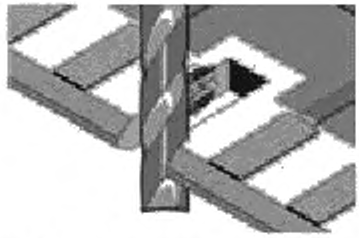

Рисунок 16 a — Удаление поврежденного участка твердосплавной торцевой фрезой

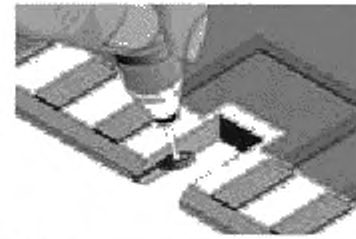

Рисунок 16 b — Фрезерование канавки с обеих сторон выемки ключа

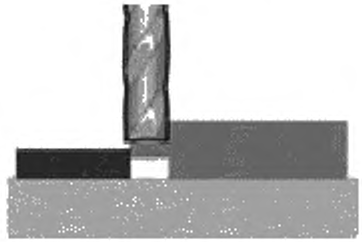

Рисунок 16 c — Формирование язычков с обеих сторон имплантанта

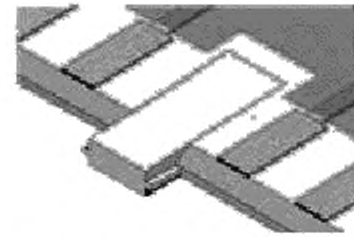

Рисунок 16 d — Установка имплантанта в прорезь

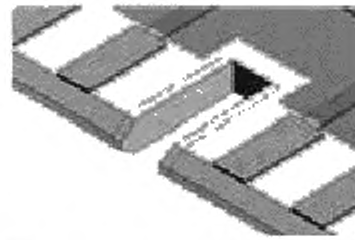

Рисунок 16 e — Удаление выступающей части имплантанта надфилем

5.7 Ремонт и модификация печатных проводников

5.7.1 Ремонт отслоившихся печатных проводников

5.7.1.1 Ремонт отслоения печатного проводника допускается проводить следующими методами:

- метод приклеивания эпоксидным составом — применяют для жестких печатных плат. Уровень квалификации — средний, уровень соответствия — средний;
- метод клейкой пленки — применяют для жестких печатных плат. Уровень квалификации — средний, уровень соответствия — средний.

5.7.1.2 При ремонте отслоения проводника методом приклеивания эпоксидным составом клей аккуратно наносят на обратную сторону отслоившегося участка проводника, который затем прижимают к основанию печатной платы, при этом допускается нанести дополнительное количество клея на поверхность и по контуру отслоившегося проводника.

Этот метод неприемлем для закрепления на печатной плате растянутых или поврежденных проводников.

Процесс ремонта представлен на рисунках 17 a, 17 b.



Рисунок 17 a — Нанесение эпоксидного состава под отслоившийся проводник



Рисунок 17 b — Завершенный ремонт

В методе клейкой пленки для приклеивания отслоившегося проводника применяют сухую эпоксидную пленку. Толщину сухой пленки выбирают, исходя из соответствия требованиям печатной платы. Пленку вырезают по размеру отслоившегося участка проводника и помещают под отслоившийся проводник, сверху на проводник наклеивают полиимидную липкую ленту. Печатную плату помещают на плоское основание, и к месту отслоения через полиимидную пленку прижимают горячий наконечник инструмента для склеивания. Лента остается на месте в течение всего времени отверждения эпоксидного состава, затем ленту удаляют.

Этот метод неприменим для закрепления на плате растянутых или поврежденных проводников.

Процесс ремонта представлен на рисунках 18 a, 18 b, 18 c.

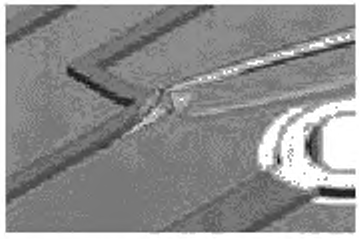

Рисунок 18 a — Внесение кусочка сухой эпоксидной пленки под отслоившийся проводник

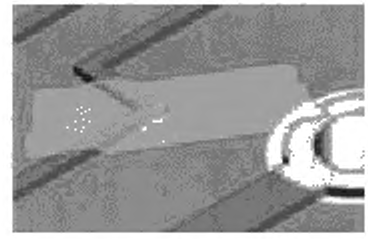

Рисунок 18 b — Наклеивание липкой ленты поверх отслоившегося проводника

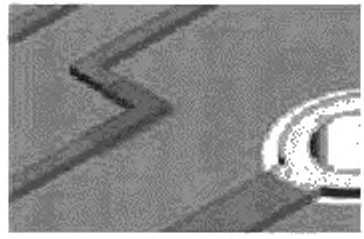

Рисунок 18 c — Завершенный ремонт

5.7.2 Ремонт поврежденных печатных проводников

5.7.2.1 Для ремонта печатного проводника разработано несколько технологических методов, обеспечивающих функционирование электронной схемы.

- метод с использованием перемычки из фольги и эпоксидного состава — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;
- метод с использованием фольги и клейкой пленки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод сварки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;

- метод с использованием провода — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — средний, уровень соответствия — средний;

- метод пропускания провода через печатную плату — применяют для жестких печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;

- метод с использованием токопроводящей краски — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — средний;

- метод ремонта проводников гибких печатных плат — применяют для гибких печатных плат и кабелей, уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — средний.

5.7.2.2 Метод с использованием перемычки из фольги и эпоксидного состава применяют для замены поврежденных или для восстановления отсутствующих печатных проводников на наружных слоях печатной платы. Не допускается уменьшать ширину и сечение проводников, а также расстояние между элементами проводящего рисунка ниже допустимого уровня.

Поврежденный участок проводника удаляют ножом вплоть до места, где сохранилось хорошее сцепление с поверхностью печатной платы, с концов оставшегося проводника счищают паяльную маску (при ее наличии) и наносят небольшое количество флюса. Перемычка из фольги необходимой длины, ширина и толщина которой соответствует заменяемому проводнику, осторожно зачищают и ее концы облуживают. Длину перемычки выбирают с учетом требования перекрытия оставшегося проводника минимум на две ширины самого проводника. Перемычку фиксируют на поверхности печатной платы липкой полиимидной лентой, при этом в случае необходимости ее изгибают для придания необходимой формы. Создать резкие изгибы широких проводников, формовка которых затруднена, допускается с помощью их перегибов. Концы перемычки припаивают к оставшемуся проводнику с помощью паяльника. Затем после удаления полиимидной ленты перемычку покрывают эпоксидным составом.

Процесс ремонта представлен на рисунках 19 a, 19 b, 19 c, 19 d, 19 e, 19 f

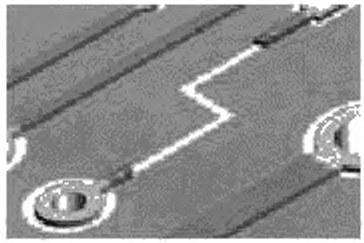

Рисунок 19 a — Удаление покрытия с концов оставшихся проводников

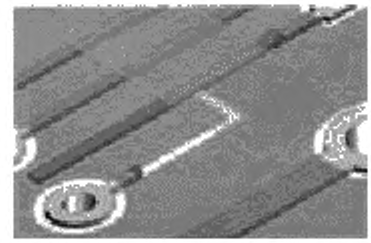

Рисунок 19 b — Установка перемычки из фольги, фиксация положения липкой лентой

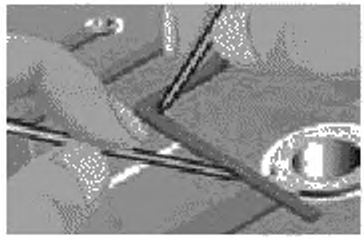

Рисунок 19 c — Изгибание перемычки двумя деревянными палочками

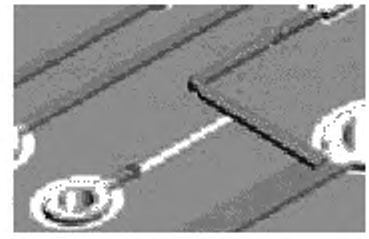

Рисунок 19 d — Перегиб широкого проводника

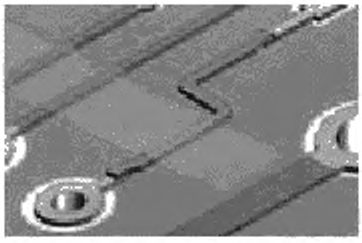

Рисунок 19 e — Закрепление нового проводника лентой по месту



Рисунок 19 f — Покрытие проводника эпоксидным составом

5.7.2.3 Метод с использованием перемычки из фольги и клейкой пленки идентичен методу, описанному в 5.7.2.2 настоящего стандарта. В данном методе применяют перемычки с клейким покрытием на их обратной стороне. Особое значение имеют гладкость и ровность поверхности платы. Перед формовкой нового печатного проводника необходимо осторожно соскоблить клейкую эпоксидную пленку с участков, предназначенных для пайки соединения с оставшимся проводником.

Для отверждения клейкой пленки на перемычку из фольги, установленную на место поврежденного проводника, через полиимидную ленту накладывают наконечник нагревательного инструмента. Наконечник для создания соединения должен быть как можно меньшим, но должен полностью перекрывать ширину печатного проводника.

Процесс ремонта представлен на рисунках 20 a, 20 b, 20 c, 20 d, 20 e, 20 f.

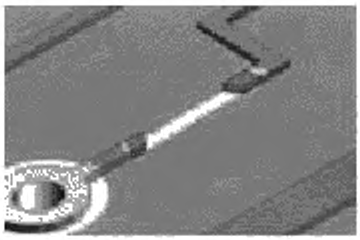

Рисунок 20 a — Удаление с проводников паяльной маски



Рисунок 20 b — Сменные перемычки из фольги с нанесенной на обратную сторону клейкой сухой пленкой

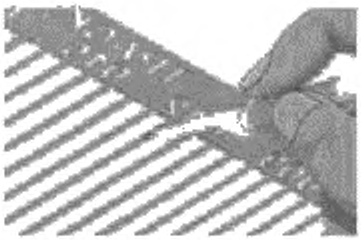

Рисунок 20 c — Удаление клейкой пленки с кончиков перемычки

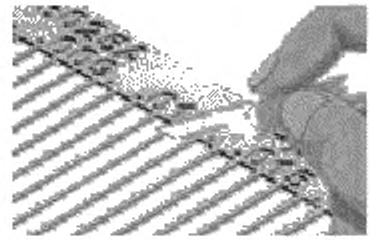

Рисунок 20 d — Отрезание новой перемычки с металлической стороны



Рисунок 20 e — Установка перемычки на место с помощью липкой ленты



Рисунок 20 f — Завершенный ремонт

5.7.2.4 Метод сварки используют для ремонта коротких изломов или разрывов проводников печатных плат. Ленточную перемычку накладывают в месте повреждения и приваривают параллельными электродами. Допуск на смещение привариваемой ленты относительно печатного проводника должен быть не более 0,05 мм, прочность сварного соединения должна превышать прочность сцепления проводника с основанием печатной платы. При необходимости отремонтированный участок покрывают эпоксидным составом.

5.7.2.5 Метод с использованием провода применяется для замены поврежденных или сгоревших печатных проводников на поверхности печатной платы.

Для замены проводника используют стандартный изолированный или неизолированный провод. Неизолированный провод допускается применять для ремонта коротких участков в местах, где провод не пересекает печатные проводники. При использовании одножильного провода для ремонта печатного проводника не должно происходить уменьшения поперечного сечения. Эквиваленты проводов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Ширина проводника при толщине фольги 70 мкм, мм	Эквивалентный диаметр одножильного провода, мм
0,25	№ 34, 0,15
0,35	№ 32, 0,20
0,50	№ 31, 0,23
0,78	№ 29, 0,28
2,08	№ 26, 0,46
3,18	№ 23, 0,58

Технологический процесс представлен на рисунках 21 a, 21 b, 21 c, 21 d, 21 e. Он идентичен технологии установки перемычки из фольги, представленной в 5.7.2.2 настоящего стандарта, при этом при необходимости припаянный провод закрепляют на поверхности с помощью эпоксидного клея или кусочков липкой ленты.

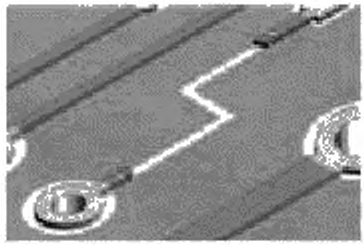

Рисунок 21 a — Удаление покрытия с концов проводников

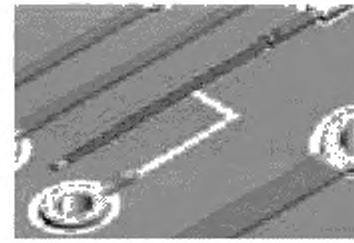

Рисунок 21 b — Припаивание одного конца провода к концу печатного проводника



Рисунок 21 c — Придание проводу необходимой формы



Рисунок 21 d — Припаивание второго конца провода по месту

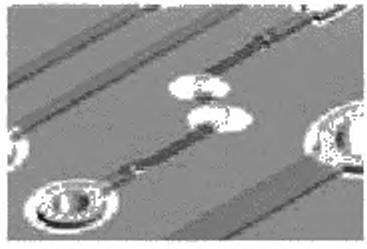

Рисунок 21 e — Приклеивание провода к поверхности платы клеем

5.7.2.6 В методе пропускания через печатную плату используют стандартный изолированный или неизолированный провод, который выбирают в соответствии с требованиями, изложенными в 5.7.2.5 настоящего стандарта.

Для прохождения провода через печатную плату в ней просверливают сквозные отверстия, места расположения которых должны находиться по соседству с обоими концами оставшихся проводников, либо непосредственно на этих проводниках. Диаметр отверстий должен немного превышать диаметр используемого провода. Следует свериться со схемой трассировки, чтобы убедиться, что просверленные отверстия не повредят печатные проводники на внутренних слоях многослойной печатной платы.

Процесс ремонта представлен на рисунках 22 a, 22 b, 22 c, 22 d.

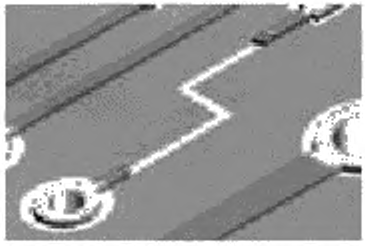

Рисунок 22 a — Удаление покрытия с концов оставшихся печатных проводников

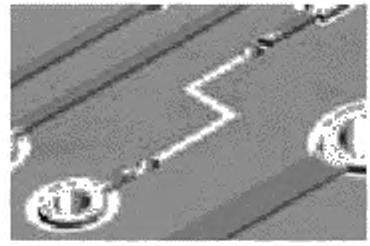

Рисунок 22 b — Сверление сквозных отверстий рядом с проводником

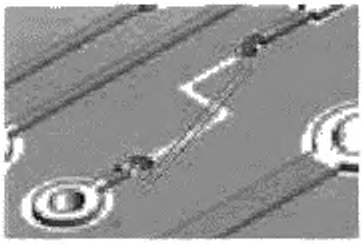

Рисунок 22 c — Сверление сквозных отверстий через проводник

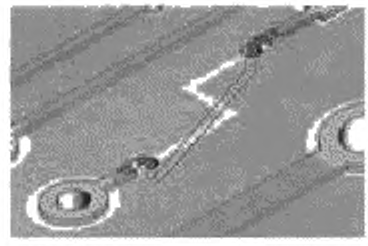

Рисунок 22 d — Припаивание провода к печатному проводнику

5.7.2.7 Метод с использованием токопроводящей краски применяют в основном для модификации проводящего рисунка печатной платы и используют в основном для сигнальных проводников, при изготовлении элементов проводящего рисунка «земля — питание» их следует изготовлять с зазорами и шириной проводников 0,25 мм и рассчитывать на силу тока от 2,6 до 3,4 А включительно. Печатный рисунок изготовляют с помощью композиции припой/медь, нанесенной в виде толстопленочной полимерной пленки. Межслойные электрические соединения осуществляют через имеющиеся металлизированные отверстия исходного проводящего рисунка. Электрического соединения двух и более точек достигают за счет сплавления припоя, входящего в состав нового печатного рисунка с исходным проводящим рисунком печатной платы. Полимерная композиция должна обладать температурной стабильностью и обеспечивать силу сцепления с лентой размером 6 × 0,6 мм, равную приблизительно 1,5 кг.

Перед пайкой волной печатную плату с проводящим рисунком, выполненным полимерной композицией, следует покрыть паяльной маской.

Процесс модификации представлен на рисунках 23 a, 23 b, 23 c.

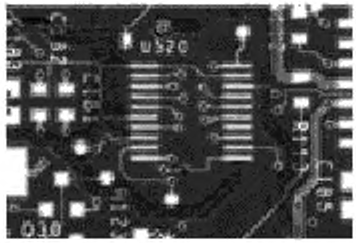

Рисунок 23 a — Нанесенный изоляционный слой

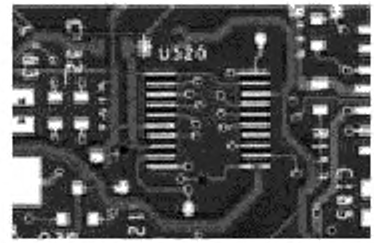

Рисунок 23 b — Нанесенная электропроводящая краска

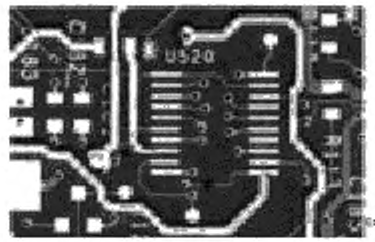

Рисунок 23 c — Паяльная паста, вплавленная в электропроводящую краску

5.7.2.8 Метод ремонта проводников гибких печатных плат предназначен для замены поврежденных или для создания необходимых, но отсутствующих проводников печатных плат, изготовленных на полиэтилентетрафторэтиленовых, полиэтилентерефталатных, полиамидных гибких материалах, а также для замены поврежденных участков покровной пленки.

Гибкую печатную плату помещают на жесткую плоскую подложку и с поврежденного участка аккуратно удаляют покровную пленку с помощью скальпеля или шлифовального инструмента. Удаляемый участок пленки должен перекрывать минимум на 1,3 см участок поврежденного проводника с обоих концов плюс место для галтелей припоя с обоих концов сменного проводника, т. е. длина удаляемого участка пленки должна быть равна длине поврежденного участка проводника плюс галтели припоя, плюс 2,6 см. Концы пленки должны быть срезаны под углом 90° к поверхности проводника.

После удаления покровной пленки следует определить метод ремонта проводника.

Если проводник имеет микротрещины, ремонт будет заключаться в наложении на него сменных участков без удаления существующего проводника, в случае более серьезного повреждения проводник удаляют и заменяют сменным проводником с пайкой по месту. Для удаления поврежденного участка на проводнике по обеим границам этого участка делают косые надрезы под углом 45°, поврежденный участок удаляют пинцетом. Монтаж нового участка проводника проводят по правилам 5.7.2.2 настоящего стандарта. По завершении ремонта проводника следует заменить изоляционный слой пленки, удален-

ный в процессе ремонта. Наиболее надежным методом ремонта покровной пленки является повторное покрытие тем же материалом, который был использован при изготовлении гибкой печатной платы; при его отсутствии может быть использована силиконовая смола.

Процесс ремонта представлен на рисунках 24 a, 24 b, 24 c, 24 d, 24 e, 24 f, 24 g, 24 h.

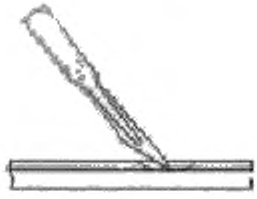

Рисунок 24 a — Удаление защитного слоя

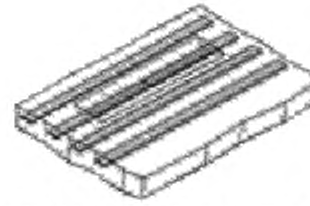

Рисунок 24 b — Удаленный защитный слой

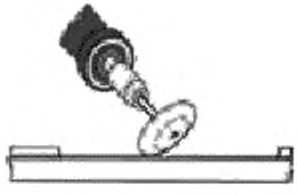

Рисунок 24 c — Удаление шлифовальным инструментом

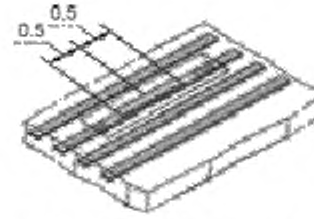

Рисунок 24 d — Ремонт микротрещин проводника

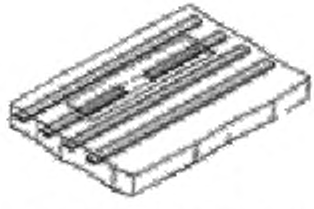

Рисунок 24 e — Снятие фаски

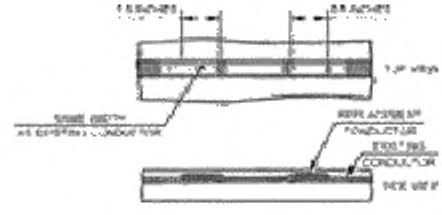

Рисунок 24 f — Технические данные по замене

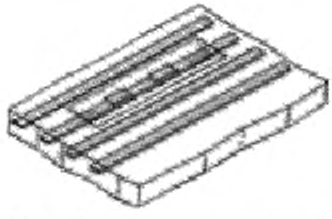

Рисунок 24 g — Припаивание сменного проводника

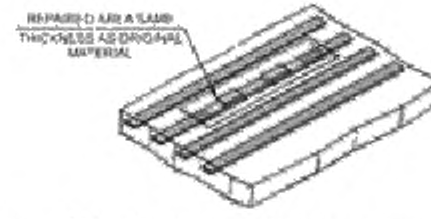

Рисунок 24 h — Герметизация отреставрированного участка

5.7.3 Ремонт печатных проводников внутреннего слоя

Метод предназначен для ремонта внутренних проводников жестких и гибких многослойных печатных плат. Данная процедура сложна, уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — высокий.

Не допускается снижение ширины проводника, зазора или токопроводящей способности ниже допустимого уровня.

Перед началом процедуры необходимо установить координаты участка, требующего ремонта. В случае возможности повреждения проводников на наружном слое многослойной печатной платы их следует в дальнейшем восстановить, используя один из методов, описанных в 5.7.2 настоящего стандарта.

Для освобождения участка, подлежащего ремонту, следует использовать сферические фрезы, а для зачистки концов ремонтируемого проводника — нож. Перемычка из фольги должна быть выбрана и подготовлена в соответствии с указаниями 5.7.2.2 настоящего стандарта. Облуженные концы перемычки припаивают с помощью паяльника к концам проводника, после чего участок заливают эпоксидным составом. Печатную плату рекомендуется предварительно подогреть, чтобы эпоксидный состав лучше растекался и выравнивался, а также не давал усадки при отверждении.

Процесс ремонта представлен на рисунках 25 a, 25 b, 25 c, 25 d, 25 e.

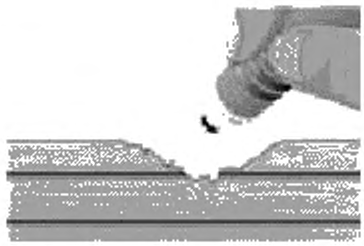

Рисунок 25 a — Фрезерование многослойной печатной платы для вскрытия поврежденных печатных проводников

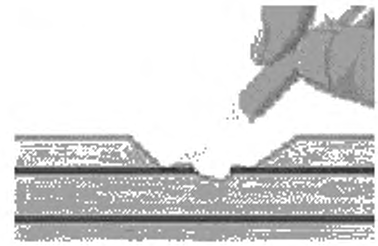

Рисунок 25 b — Удаление ножом материала основы печатной платы с внутреннего проводника

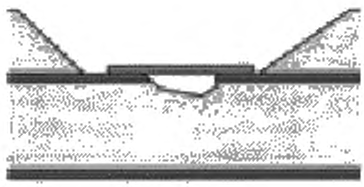

Рисунок 25 c — Перемычка из фольги, установленная по месту

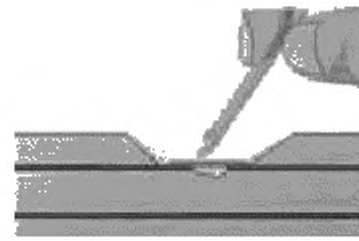

Рисунок 25 d — Покрытие нового соединения эпоксидным составом

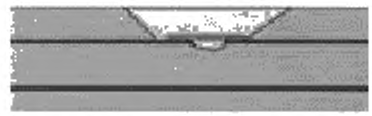

Рисунок 25 e — Завершенный ремонт

5.8 Размыкание печатных проводников и устранение коротких замыканий

5.8.1 Размыкание проводников наружного слоя печатной платы

Метод применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

Метод рекомендуется только для размыкания проводников на наружных слоях печатной платы. Небольшой участок проводника удаляют с помощью ножа или сферической фрезы, вставленной в высокооборотную ручную дрель, образуя разрыв. Диаметр сферической фрезы следует выбирать в соответствии с необходимой величиной разрыва. Ширина разрыва должна быть равна, по меньшей мере, минимальному зазору между проводниками. Размеры сферических фрез представлены в таблице 3.

Таблица 3

Стандартные размеры сферических фрез
Диаметр 0,70 мм
Диаметр 0,80 мм
Диаметр 1,00 мм
Диаметр 1,20 мм
Диаметр 1,40 мм
Диаметр 1,60 мм
Диаметр 1,89 мм
Диаметр 2,10 мм

После размыкания участок герметизируют эпоксидным составом.
Процесс ремонта представлен на рисунках 26 a, 26 b, 26 c.

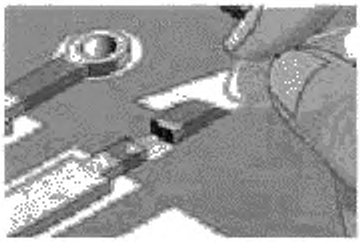

Рисунок 26 a — Удаление ножом участка печатного проводника



Рисунок 26 b — Пропил для размыкания печатного проводника

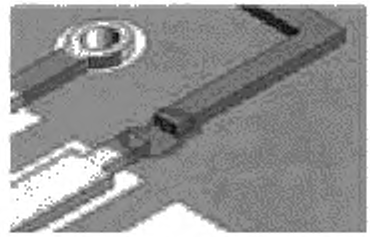

Рисунок 26 c — Завершенный ремонт

5.8.2 Размыкание проводников внутренних слоев печатной платы

5.8.2.1 Размыкание проводника внутреннего слоя допускается проводить одним из указанных ниже методов:

- метод несквозного сверления — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод сквозного сверления — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод разрезания перемычки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

5.8.2.2 Метод несквозного сверления применяют для разрыва проводников как на внутренних, так и на наружных слоях печатной платы, а также для ликвидации короткого замыкания. Величина разрыва должна быть не меньше минимального требуемого электрического зазора между проводниками. Диаметр торцевой или сферической фрезы должен соответствовать требуемому значению разрыва. Фреза должна углубляться в печатную плату на глубину, требуемую для разрыва проводника или короткого замыкания, что необходимо контролировать с помощью микроскопа.

Процесс ремонта представлен на рисунках 27 a, 27 b, 27 c.



Рисунок 27 a — Фрезерование печатной платы по точным координатам

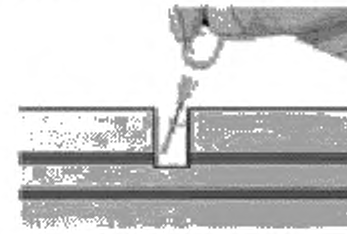

Рисунок 27 b — Заполнение фрезерованного отверстия эпоксидным составом вровень с поверхностью печатной платы

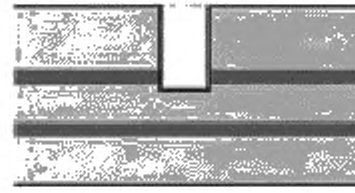

Рисунок 27 c — Завершенный ремонт

5.8.2.3 Метод размыкания проводников путем сквозного сверления применяют на многослойных печатных платах для удаления внутреннего соединения с металлизированным отверстием. Для высверливания отверстия используют прецизионный сверлильный станок с твердосплавным сверлом, торцевой или сферической фрезой. Если отверстие было заполнено эпоксидной смолой, проводят его повторное рассверливание до необходимого диаметра. Для контроля точности сверления необходимо использовать микроскоп.

Рассверленное отверстие заполняют эпоксидным составом, для чего противоположную сторону отверстия необходимо заклеить липкой лентой для предотвращения вытекания смолы. После отверждения смолы ленту удаляют.

Процесс ремонта представлен на рисунках 28 a, 28 b, 28 c.

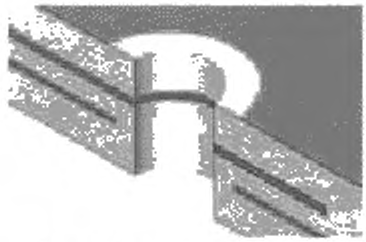

Рисунок 28 a — Фрезерование сквозного отверстия

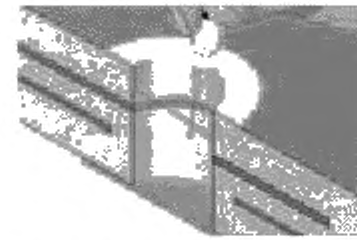

Рисунок 28 b — Заполнение отверстия эпоксидным составом вровень с поверхностью печатной платы



Рисунок 28 c — Завершенный ремонт

5.8.2.4 Метод разрезания перемычки применяют на многослойных печатных платах для удаления внутреннего соединения с металлизированным отверстием. Для прецизионного отрезания перемычек или внутренних проводников от металлизированного отверстия используют высокоточный сверлильный станок с торцевой твердосплавной фрезой. Диаметр используемой фрезы должен превышать ширину удаляемой перемычки или проводника на 0,010—0,025 мм.

Размеры применяемых торцевых фрез представлены в таблице 4.

Таблица 4

Стандартные размеры торцевых фрез
Диаметр 0,381 мм
Диаметр 0,635 мм
Диаметр 0,812 мм
Диаметр 1,016 мм
Диаметр 1,143 мм
Диаметр 1,397 мм
Диаметр 1,575 мм
Диаметр 2,362 мм
Диаметр 3,175 мм

Непосредственно рядом с металлизированным отверстием над удаляемыми перемычками фрезеруют от двух до четырех отверстий на глубину, необходимую для разрезания внутренней перемычки или проводника, точность фрезерования контролируют под микроскопом. Фрезерованные отверстия затем заливают эпоксидным составом.

Процесс ремонта представлен на рисунках 29 a, 29 b.

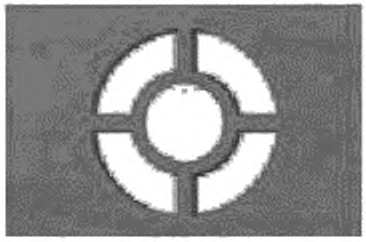

Рисунок 29 a — Металлизированное переходное отверстие, соединенное перемычками с внутренним слоем

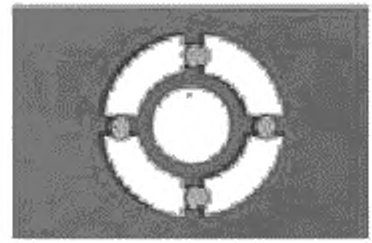

Рисунок 29 b — Фрезерование рядом с металлизированным отверстием для разрушения перемычки

5.9 Ремонт и модификация контактных площадок

5.9.1 Ремонт отслоившихся контактных площадок

5.9.1.1 Ремонт отслоившихся контактных площадок допускается проводить одним из указанных методов:

- метод приклеивания эпоксидным составом — применяют для жестких и гибких печатных плат, уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;
- метод клейкой пленки — применяют для жестких и гибких печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний.

5.9.1.2 Технология приклеивания отслоившейся контактной площадки идентична методу приклеивания отслоившегося проводника и проводится согласно 5.7.1.2 настоящего стандарта. На двусторонних и многослойных печатных платах для восстановления переходного контакта может потребоваться пистонирование.

Процесс ремонта представлен на рисунках 30 a, 30 b, 30 c.

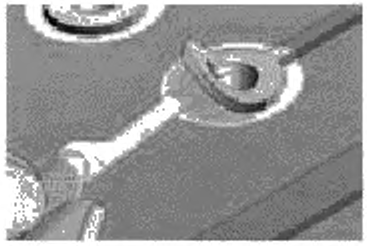

Рисунок 30 a — Введение эпоксидной смолы под контактную площадку

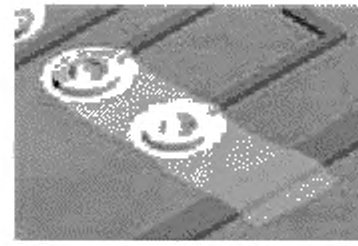

Рисунок 30 b — Приклеивание ленты поверх отслоившейся контактной площадки

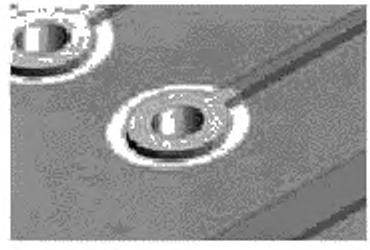

Рисунок 30 c — Завершенный ремонт

5.9.1.3 Ремонт отслоения контактной площадки методом клейкой пленки идентичен методу ремонта отслоения проводников, представленному в 5.7.1.3 настоящего стандарта. На двусторонних и многослойных печатных платах для восстановления переходного контакта может потребоваться пистонирование.

Процесс ремонта представлен на рисунках 31 a, 31 b, 31 c.

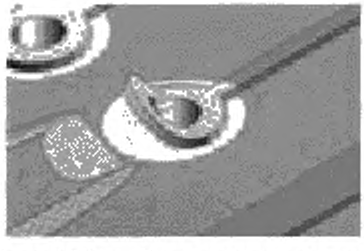

Рисунок 31 a — Внесение кусочка пленки под контактную площадку



Рисунок 31 b — Наклеивание ленты поверх контактной площадки

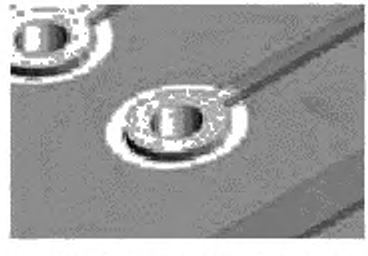

Рисунок 31 c — Завершенный ремонт

5.9.2 Ремонт поврежденных контактных площадок

5.9.2.1 Для ремонта поврежденных контактных площадок применяют:

- метод с использованием сменных контактных площадок и эпоксидного состава — применяют для жестких и гибких печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;

- метод клейкой пленки — применяют для жестких и гибких печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

5.9.2.2 Ремонт контактной площадки методом с использованием сменной площадки и эпоксидного состава идентичен ремонту печатного проводника и должен проводиться в соответствии с 5.7.2.2 настоящего стандарта. Новую контактную площадку приклеивают эпоксидным составом к поверхности печатной платы. Электрический контакт будет восстановлен при пайке вывода устанавливаемого навесного элемента, а также допускается использовать листон.

Процесс ремонта представлен на рисунках 32 a, 32 b, 32 c, 32 d.

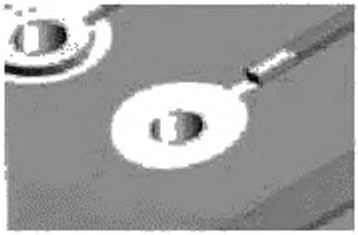

Рисунок 32 a — Удаление поврежденной контактной площадки

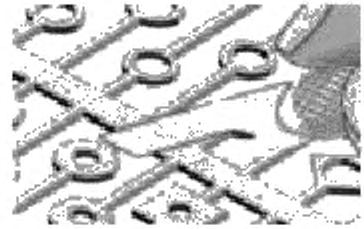

Рисунок 32 b — Вырезание сменной контактной площадки



Рисунок 32 c — Установка новой контактной площадки по месту с помощью липкой ленты

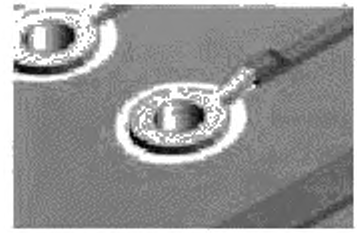

Рисунок 32 d — Завершенный ремонт

5.9.2.3 Ремонт контактной площадки методом клейкой пленки идентичен методу ремонта печатного проводника и должен проводиться по технологическому процессу, представленному в 5.7.2.3 настоящего стандарта. Электрический контакт должен быть восстановлен при пайке вывода устанавливаемого навесного элемента или допускается использовать пистон или проводник, расклепанный с обеих сторон отверстия.

Процесс ремонта представлен на рисунках 33 a, 33 b, 33 c, 33 d, 33 e.

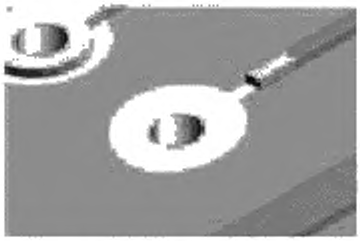

Рисунок 33 a — Удаление поврежденной контактной площадки

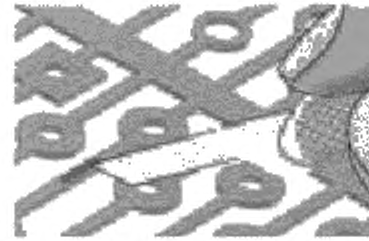

Рисунок 33 b — Удаление клейкой пленки с участка паяного соединения

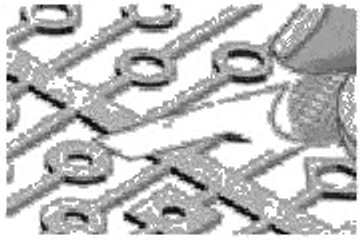

Рисунок 33 c — Вырезание новой контактной площадки



Рисунок 33 d — Установка новой контактной площадки с помощью липкой ленты



Рисунок 33 e — Завершенный ремонт

5.9.3 Ремонт поврежденного концевого контакта

5.9.3.1 Ремонт концевого контакта следует проводить одним из методов, изложенных в настоящем стандарте:

- метод приклеивания эпоксидным составом — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;
- метод клейкой пленки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод металлизации — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

5.9.3.2 Ремонт концевого контакта методом приклеивания эпоксидным клеем идентичен ремонту печатных проводников и должен выполняться по правилам 5.7.2.2 настоящего стандарта. Очень важно, чтобы при этой процедуре поверхность платы была исключительно плоской и гладкой. Устанавливаемый контакт должен выступать за кромку печатной платы. После отверждения эпоксидной смолы выступающий конец концевого контакта удаляют надфилем.

Процесс ремонта представлен на рисунках 34 a, 34 b, 34 c, 34 d, 34 e.

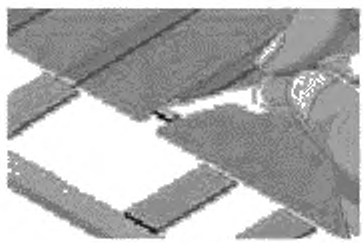

Рисунок 34 a — Удаление поврежденного концевого контакта



Рисунок 34 b — Вырезание нового концевого контакта



Рисунок 34 c — Установка нового концевого контакта по месту с помощью липкой ленты

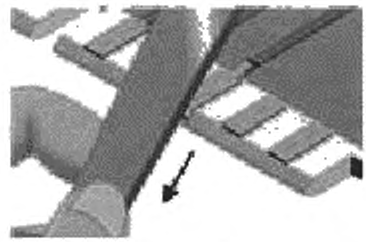

Рисунок 34 d — Снятие надфилем выступающей части нового концевого контакта

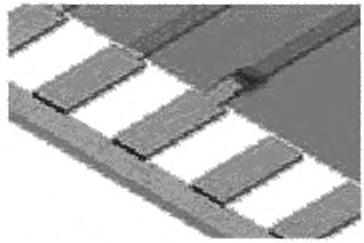

Рисунок 34 e — Завершенный ремонт

5.9.3.3 Ремонт концевого контакта методом клейкой пленки идентичен ремонту печатного проводника и должен проводиться по технологическому процессу 5.7.2.3 настоящего стандарта. Очень важно, чтобы при этой процедуре поверхность платы была исключительно плоской и гладкой. Устанавливаемый контакт должен выступать за кромку печатной платы. После отверждения клейкой пленки выступающий конец концевого контакта удаляют надфилем.

Процесс ремонта представлен на рисунках 35 a, 35 b, 35 c, 35 d, 35 e, 35 f.

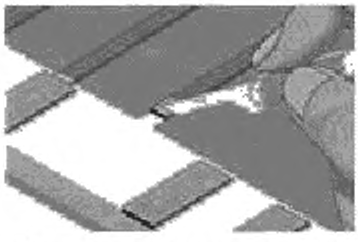

Рисунок 35 a — Удаление поврежденного концевого контакта



Рисунок 35 b — Удаление клеящей пленки с участка под паяное соединение



Рисунок 35 c — Вырезание нового концевого контакта

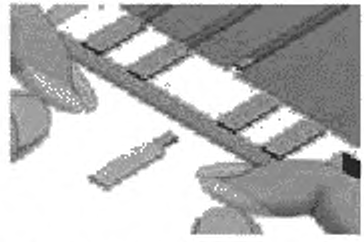

Рисунок 35 d — Установка нового концевого контакта по месту с помощью липкой ленты

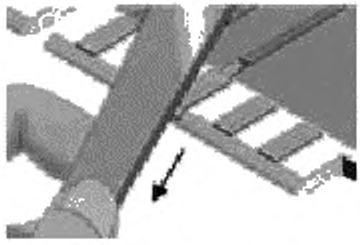

Рисунок 35 e — Снятие надфилем выступающей части нового концевого контакта

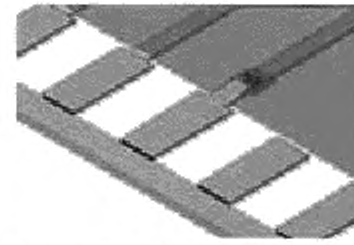

Рисунок 35 f — Завершенный ремонт

5.9.3.4 Ремонт концевого контакта методом металлизации применяют для повторной металлизации концевых контактов путем избирательного нанесения покрытия тампоном. Необходимость повторной металлизации концевых контактов возникает при их загрязнении припоем или в случае появления царапин при эксплуатации. Данный метод допускается также применять, если толщина покрытия концевых контактов не соответствует требованиям, а также при изменении технических требований.

Покрытие наносят гальваническим способом при воздействии постоянного тока. Один из электродов (катод) соединяют с требующим покрытия концевым контактом, другой (анод) — с металлизирующей штангой. Анод, обернутый абсорбирующей тканью, закрепляют на наконечнике металлизирующей штанги и погружают в быстродействующий металлизирующий раствор. Насыщенным раствором анодом необходимо провести по концевым контактам печатной платы для осаждения металла из раствора там, где имеется электрический контакт. Перед проведением процесса металлизации следует тщательно удалить следы припоя, а на поверхность печатной платы, окружающую обрабатываемый участок, наложить защитную липкую ленту.

Обязательными условиями высококачественного выполнения процесса ремонта данным способом являются надежное соединение ремонтируемых концевых контактов с катодной шиной и отсутствие на поверхности контактов царапин, вмятин, мелких отверстий и прочих дефектов. Подключение катодной шины допускается проводить несколькими способами: припайкой шины к кромкам концевых контактов или нанесением токопроводящей краски. Устранение дефектов перед металлизацией осуществляют тщательной зачисткой и полировкой поверхности концевого контакта.

По завершении процесса металлизации будет оставаться тонкая неметаллизированная линия вдоль внутренней кромки каждого контакта. Для ликвидации данного дефекта необходимо провести следующую процедуру: закрыть все концевые контакты липкой полиимидной лентой, оставив свободным участок с неметаллизированной линией, нанести тонкий слой токопроводной краски непосредственно на вершину внутренней кромки каждого контакта. Краска не должна препятствовать в дальнейшем соединению с концевыми контактами.

Процесс ремонта представлен на рисунках 36 a, 36 b, 36 c, 36 d, 36 e, 36 f, 36 g.

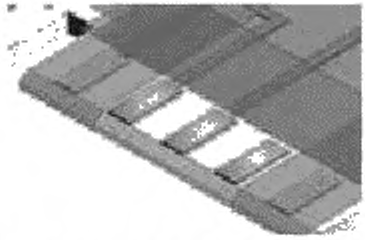

Рисунок 36 a — Защита липкой лентой участков, не подлежащих ремонту

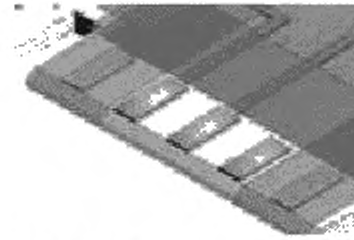

Рисунок 36 b — Оплавление припоя

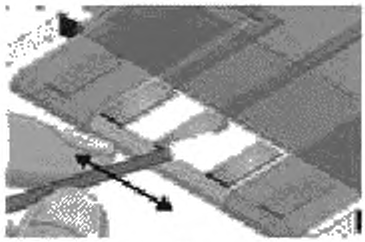

Рисунок 36 c — Удаление припоя

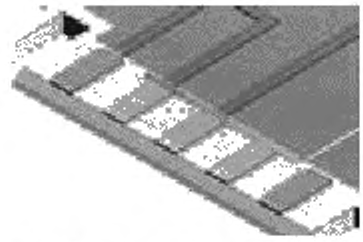

Рисунок 36 d — Припаивание провода по кромке металлизируемых концевых контактов

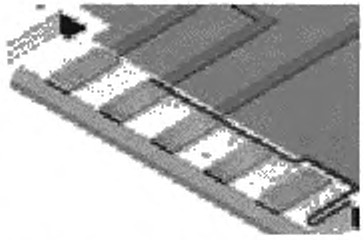

Рисунок 36 e — Нанесение электропроводящей краски на кромки контактов

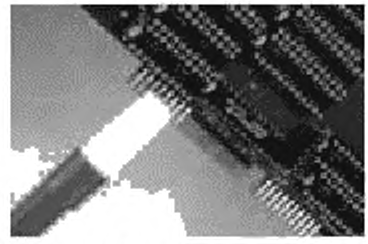

Рисунок 36 f — Образец анода для металлизации, обернутый тканью

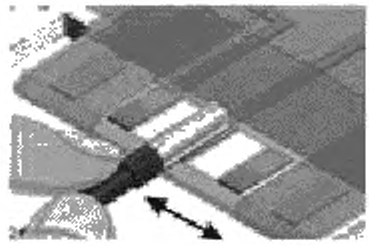

Рисунок 36 g — Металлизация контактов протиркой поверхности анодом, смоченным в металлизирующем растворе

5.9.4 Ремонт контактных площадок под поверхностный монтаж

5.9.4.1 Ремонт контактных площадок под поверхностный монтаж следует проводить по одному из указанных методов:

- метод приклеивания эпоксидным составом — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — средний;

- метод клейкой пленки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий.

5.9.4.2 Ремонт контактных площадок под поверхностный монтаж методом приклеивания эпоксидным составом идентичен ремонту печатных проводников и должен проводиться согласно 5.7.2.2 настоящего стандарта. В процессе ремонта удаляют всю поврежденную площадку вместе с коротким отрезком связанного с ней печатного проводника, соскабливают всю паяльную маску или покрытие с присоединенного печатного проводника, на участок печатной платы с предварительно нанесенным эпоксидным составом накладывают новую контактную площадку и проводят отверждение эпоксидной смолы по инструкции изготовителя.

Если к новой контактной площадке необходимо присоединить проводник, на участок перекрытия паяного соединения наносят флюс и к имеющемуся проводнику припаивают проводник новой контактной площадки.

Процесс ремонта представлен на рисунках 37 a, 37 b, 37 c, 37 d, 37 e.



Рисунок 37 a — Удаление площадки

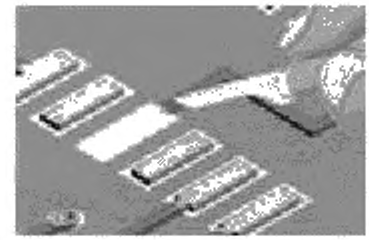

Рисунок 37 b — Удаление паяльной маски

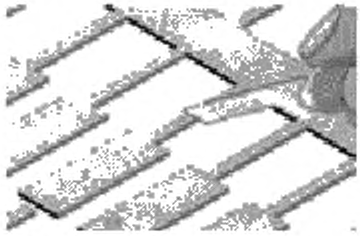

Рисунок 37 c — Вырезание новой контактной площадки



Рисунок 37 d — Установка новой контактной площадки с помощью липкой ленты

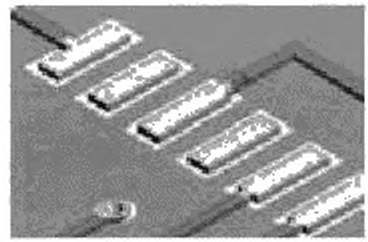

Рисунок 37 e — Завершенный ремонт

5.9.4.3 Ремонт площадки поверхностного монтажа методом клейкой пленки идентичен ремонту печатного проводника и должен проводиться согласно 5.7.2.3 настоящего стандарта.

Новые контактные площадки приклеивают к печатной плате прессом специальной конструкции или нагревательным инструментом с насадкой. Очень важно, чтобы поверхность платы была исключительно ровной и гладкой. Если к новой контактной площадке необходимо подсоединить проводник, следует руководствоваться указаниями 5.9.4.2 настоящего стандарта.

Процесс ремонта представлен на рисунках 38 a, 38 b, 38 c, 38 d, 38 e, 38 f.



Рисунок 38 a — Удаление поврежденной контактной площадки



Рисунок 38 b — Удаление паяльной маски

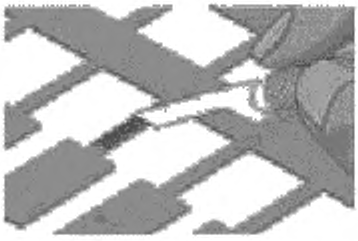

Рисунок 38 c — Удаление клеящей пленки с участка паяного соединения

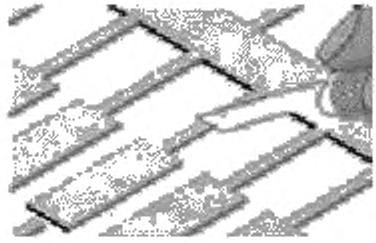

Рисунок 38 d — Вырезание новой контактной площадки



Рисунок 38 e — Установка новой контактной площадки с помощью липкой ленты

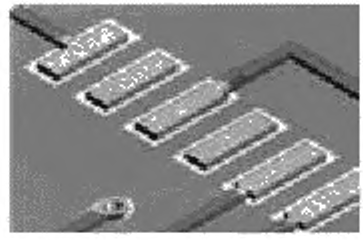

Рисунок 38 f — Завершенный ремонт

5.10 Ремонт металлизированных отверстий

5.10.1 В зависимости от наличия или отсутствия соединения отверстия с внутренними слоями печатной платы для ремонта металлизированного отверстия могут выполняться следующие виды ремонта:

- метод установки пистона — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — средний, уровень соответствия — высокий;
- метод двойной стенки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод установки пистона с плоской посадкой — применяют для жестких многослойных печатных плат. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — средний;
- метод загнутой перемычки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — средний, уровень соответствия — средний.

5.10.2 Ремонт поврежденного металлизированного отверстия методом установки пистона допускается применять для двусторонних и многослойных печатных плат, если у этого отверстия отсутствует соединение с внутренними слоями печатной платы.

Критерии выбора пистона:

- внутренний диаметр пистона должен превышать диаметр вывода устанавливаемого навесного элемента на 0,075—0,500 мм;
- длина втулки пистона под фланцем должна превышать толщину печатной платы на 0,630—0,890 мм. Такая избыточная длина обеспечивает необходимый выступ кромки после его установки по месту;
- диаметр фланца должен быть таким, чтобы он не касался расположенных рядом проводников печатной платы. Расстояние от края фланца до смежного проводника должно быть не меньше минимально допустимого для данной печатной платы;
- диаметр отверстия, просверленного для установки пистона, должен превышать внешний диаметр пистона на 0,025—0,125 мм.

При установке пистона, при необходимости, его фланцем может быть прижат новый проводник. После установки пистона его фланцы припаивают к контактным площадкам на поверхности печатной платы.

Процесс ремонта представлен на рисунках 39 a, 39 b.

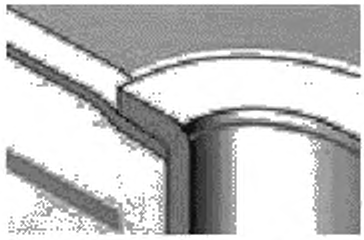

Рисунок 39 a — Зажатие фланцем пистона нового печатного проводника



Рисунок 39 b — Завершенный ремонт

5.10.3 Ремонт методом двойной стенки применяют для металлизированных отверстий многослойных печатных плат с поврежденными контактными площадками на наружных слоях платы, но с отсутствием повреждения на стенках отверстия.

Для ремонта применяют пистон, критерии выбора которого соответствуют критериям, изложенным в 5.10.2. Последствием применения такого метода ремонта будет уменьшение внутреннего диаметра отверстия. Обязательным условием является соблюдение требования к минимальному диаметру отверстия на данной печатной плате.

Процесс ремонта представлен на рисунках 40 a, 40 b.



Рисунок 40 a — Установка пистона в отверстие

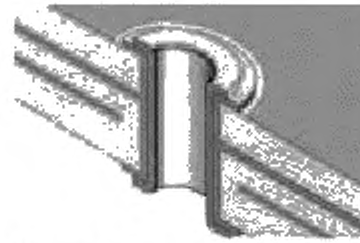

Рисунок 40 b — Завершенный ремонт

5.10.4 Метод установки пистона с плоской посадкой применяют для ремонта переходного отверстия многослойной печатной платы, соединенного с внутренним слоем, причем к этому отверстию не присоединяют проводники на наружных слоях платы.

Восстановление контакта с внутренним слоем осуществляют припаиванием втулки пистона к вскрытому внутреннему слою и герметизацией соединения высокопрочным эпоксидным составом.

Критерии выбора пистона аналогичны 5.10.2.

Подлежащее ремонту отверстие рассверливают до диаметра, необходимого для установки пистона. Диаметр просверленного отверстия должен превышать внешний диаметр пистона приблизительно на 0,030 мм.

Затем определяют сторону платы, с которой будут проводить рассверливание для вскрытия внутреннего слоя. Критерием выбора является отсутствие проводящего рисунка в месте рассверливания.

В процедуре рассверливания требуется очень точное выполнение отверстия в части его расположения и глубины, для чего необходимо применение прецизионной сверлильной системы с сильным стереоскопическим микроскопом.

Пистон вставляют в отверстие со стороны, противоположной рассверливанию, его втулку припаивают к вскрытому внутреннему слою, рассверленное отверстие заполняют эпоксидным составом и после его отверждения на втулку пистона устанавливают фланец.

Процесс ремонта представлен на рисунках 41 a, 41 b, 41 c, 41 d.



Рисунок 41 a — Фрезерование до вскрытия внутреннего слоя сигнальных проводников или плоскостей

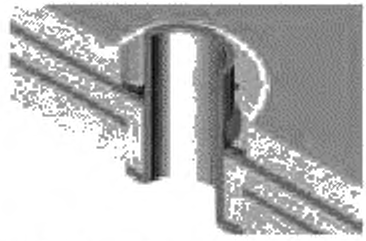

Рисунок 41 b — Подпайка втулки пистона к вскрытому внутреннему слою

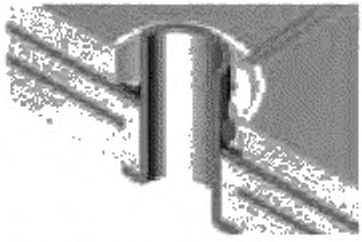

Рисунок 41 c — Заполнение вскрытого отверстия эпоксидной смолой

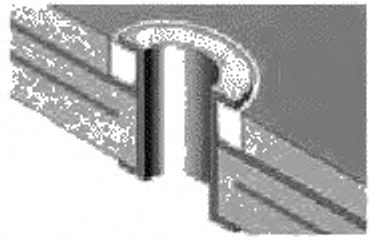

Рисунок 41 d — Втулка пистона, расклепанная вровень с поверхностью платы

5.10.5 Метод загнутой перемычки применяют для ремонта поврежденного отверстия, когда отсутствует соединение с внутренними слоями платы.

Для ремонта используют перемычку из облуженного провода, которую вставляют в поврежденное отверстие и загибают на обе стороны печатной платы так, чтобы загиб лежал вдоль проводящего рисунка. Загиб рекомендуется выполнять в форме «С» или «Z». Длина перекрытия загнутой перемычкой должна быть около 1.5 мм, минимальное перекрытие должно быть равно двукратной ширине перемычки. Концы загнутой перемычки припаивают к площадкам на поверхности печатной платы, на верхнюю и боковые поверхности загнутой перемычки наносят эпоксидный состав.

5.11 Ремонт и модификация посадочных мест компонента BGA

5.11.1 Ремонт и модификацию посадочных мест под компонент BGA проводят по одному из перечисленных ниже методов:

- метод клейкой пленки — применяют для всех типов печатных плат. Уровень квалификации — повышенный, уровень соответствия — высокий;
- метод перемычки из фольги — применяют для жестких и гибких печатных плат. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — средний;
- метод сквозных перемычек — применяют для жестких и гибких печатных плат. Уровень квалификации — эксперт, уровень соответствия — высокий.

5.11.2 Метод клейкой пленки используют для замены поврежденной площадки компонента BGA новой площадкой с нанесенной на обратную ее сторону сухой клейкой пленкой.

Технология ремонта аналогична ремонту печатного проводника и контактной площадки под поверхностный монтаж и выполняется по правилам 5.7.2.3 и 5.9.4.3 настоящего стандарта.

Процесс ремонта представлен на рисунках 42 a, 42 b, 42 c, 42 d.

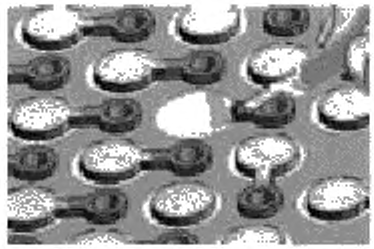

Рисунок 42 a — Удаление поврежденной контактной площадки

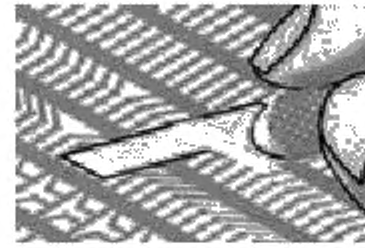

Рисунок 42 b — Удаление клеящей пленки с участка паяного соединения

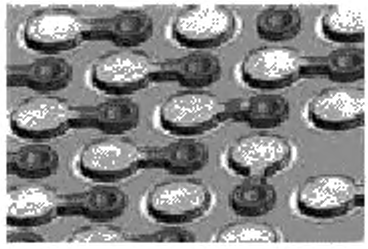

Рисунок 42 c — Удаление припоя с присоединяемого проводника

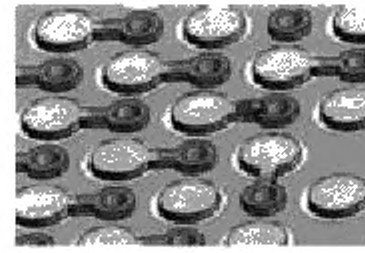

Рисунок 42 d — Покрытие паяных соединений эпоксидным составом

5.11.3 Метод перемычки из фольги используют для изменения конфигурации электрических цепей в области посадочного места компонента BGA при его доработке или модификации.

Этот метод не предназначен для варианта «отверстие в площадке» (микропереход).

Перед удалением контактной площадки компонента BGA, участвующей в модификации, следует перерезать короткий проводник («собачью косточку»), соединяющий ее с переходным отверстием. Площадку удаляют, а затем с помощью торцевой фрезы в поверхности паяльной маски проделывают неглубокую канавку от участка удаленной площадки к периметру места, занимаемого компонентом BGA. В связи с высокой плотностью разводки ширина канавки может быть 0,25 мм и менее.

На место удаленной приклеивают новую контактную площадку, имеющую хвостовой вырост, направленный в сторону фрезерованной канавки, который впоследствии соединяют с добавляемой перемычкой из фольги. Перемычка из фольги должна соответствовать по ширине и толщине заменяемому отрезку электрической цепи и должна перекрывать хвостовой участок контактной площадки BGA минимум на две ширины печатного проводника. Перемычку из фольги укладывают вдоль фрезерованной канавки, один ее конец припаивают к хвостовому выступу новой контактной площадки компонента BGA.

К другому концу перемычки из фольги припаивают тонкий провод, а всю перемычку покрывают эпоксидным составом.

Противоположный конец тонкого провода позднее должен быть припаян в соответствии со схемой электрической разводки.

Процесс модификации представлен на рисунках 43 a, 43 b, 43 c, 43 d, 43 e.

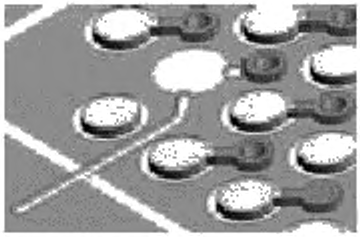

Рисунок 43 a — Удаление соединения с переходным отверстием

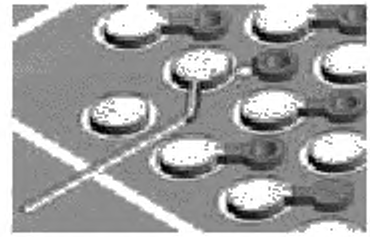

Рисунок 43 b — Удаление площадки BGA и фрезерование канавки в поверхности паяльной маски

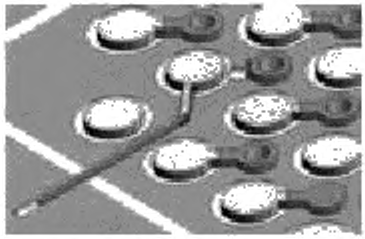

Рисунок 43 c — Установка новой площадки

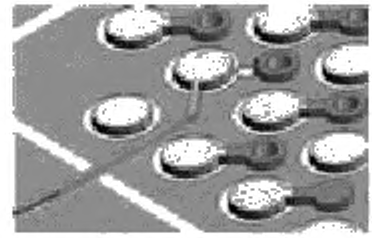

Рисунок 43 d — Припайка перемычки из фольги к хвостовой части новой площадки BGA

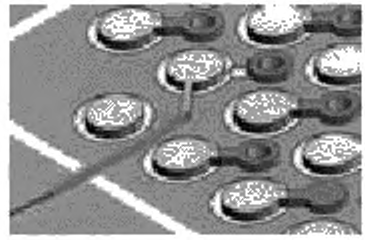

Рисунок 43 e — Припайка провода к перемычке из фольги, приклеенной эпоксидным составом

5.11.4 Метод сквозных перемычек используют для добавления перемычки из фольги в зону расположения компонента BGA путем пропускания перемычки через отверстие в плате при доработке и модификации.

Метод применяют при наличии слепого переходного отверстия, когда другие методы перехода электрической цепи на другую сторону непригодны.

Для установки перемычки из фольги при модификации электрической связи с контактной площадки переходного металлизированного отверстия, соединенного с выбранной контактной площадкой BGA, удаляют паяльную маску, а для пропускания перемычки через печатную плату с помощью торцевой фрезы и прецизионной системы фрезеруют сквозное отверстие необходимого размера в точно выбранных координатах. Допускается перерезать внутренние слои земля/питание, не допускается повреждение проводящего рисунка на внутренних сигнальных слоях многослойной печатной платы.

Перемычку из фольги выбирают в соответствии с 5.11.3 настоящего стандарта.

Во фрезерованное отверстие вставляют тефлоновую трубку соответствующего размера, предназначенную для изоляции перемычки и предотвращения ее замыкания с внутренними слоями платы. Один конец перемычки вставляют в металлизированное отверстие, соединенное с площадкой BGA, и припаивают к нему, второй конец перемычки пропускают через тефлоновую трубку и к выступающему из тефлоновой трубки концу перемычки припаивают тонкий провод, как указано в 5.11.3 настоящего стандарта.

Другой конец тонкого провода припаивают к месту соединения в соответствии с электрической схемой.

Верхнюю и нижнюю части перемычки, покрывают эпоксидным составом, который изолирует незащищенные концы перемычки, и приклеивают ее к основе печатной платы. Уровень эпоксидного покрытия должен быть ниже уровня площадки BGA.

Процесс модификации представлен на рисунках 44 a, 44 b, 44 c, 44 d.

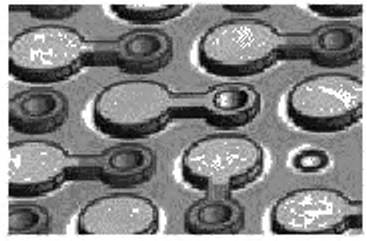

Рисунок 44 a — Фрезерование в плате сквозных отверстий и установка тефлоновой трубки

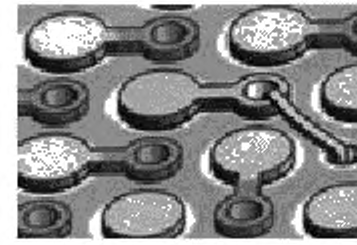

Рисунок 44 b — Установка медной перемычки из фольги в тефлоновую трубку и металлизированное отверстие

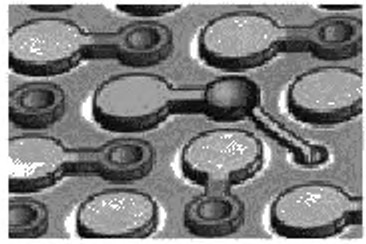

Рисунок 44 c — Припаивание перемычки из фольги к металлизированному отверстию, соединенному площадкой BGA

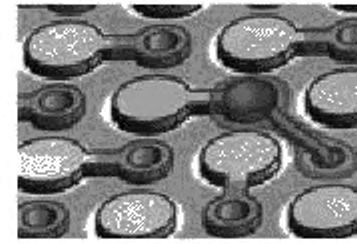

Рисунок 44 d — Покрытие нового соединения эпоксидным составом

5.12 Перемычки из проводов

5.12.1 Перемычки, устанавливаемые на печатных платах, подразделяют на три вида:

- перемычки, предусмотренные конструкторской документацией, устанавливаемые при сборке;
- перемычки, добавляемые в целях проведения изменения или модификации; они документируются в конструкторских указаниях или в примечаниях к чертежу;
- перемычки, добавляемые для исправления дефектов.

5.12.2 Основные правила установки перемычек из проводов:

- перемычки следует располагать на стороне установки элементов сборочного узла, если не оговорено иное;
- прокладку перемычек следует проводить по линиям координатной сетки как можно прямее, делая как можно меньше перегибов;
- провода перемычек должны подниматься не более чем на 3,2 мм над поверхностью печатной платы;
- не допускается использование перемычек из оголенного провода, если расстояние между соединяемыми точками более 25 мм; следует обращать внимание, чтобы при установке перемычек из оголенного провода не нарушалось минимальное расстояние между двумя элементами проводящего рисунка печатной платы;
- перемычка, уложенная сверху контактных площадок, должна иметь достаточную степень свободы для ее перемещения при замене элемента, перемычки не допускается устанавливать поверх площадок и переходных отверстий, используемых в качестве контрольных точек;

- допускается укладывать перемычки под выводами и корпусами навесных элементов только в случае, если конструкцией сборочного узла не допускается трассировка через другие участки;
- необходимо обеспечивать запас для устранения натяжения провода перемычки;
- перемычки допускается пропускать через сквозные металлизированные отверстия при условии, что провод изолирован и в отверстие вставлена изоляционная трубка;
- перемычки, устанавливаемые в металлизированные отверстия, должны выступать с другой стороны отверстия;
- провода перемычек можно разделывать различными способами.

Примеры установки перемычек представлены на рисунках 45 a, 45 b, 45 c, 45 d, 45 e, 45 f.



Рисунок 45 a — Прокладка перемычки на поверхности платы

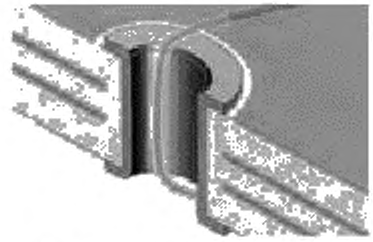

Рисунок 45 b — Прокладка перемычки через муфту или сквозное металлизированное отверстие

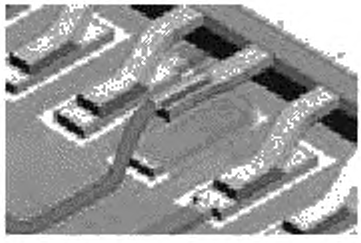

Рисунок 45 c — Применение изолированного провода

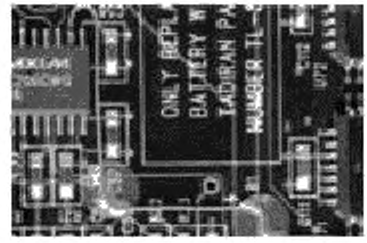

Рисунок 45 d — Приклеивание провода кусочками липкой ленты

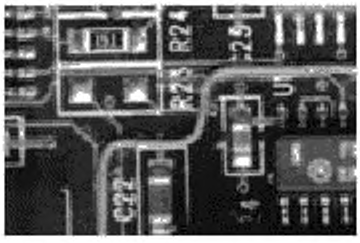

Рисунок 45 e — Прикрепление провода с помощью клея

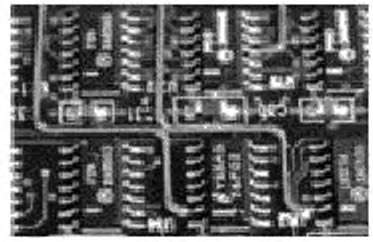

Рисунок 45 f — Приклеенные горячим способом провода с клейким покрытием

5.12.3 Требования к проводам, применяемым для перемычек:

- рекомендуется применять одножильный медный провод с покрытием олово — свинец с изоляцией из поливинилфторида, полиэфиров, полиамида, политетрафторэтилена или эквивалентного материала;
- не следует пользоваться проводами с серебряным покрытием, т. к. может возникать коррозия. Однако при покрытии серебром проводящего рисунка печатной платы такой провод предпочтителен;

- следует выбирать провод минимального диаметра, достаточного для протекания тока заданной величины;

- изоляция провода должна выдерживать температуру пайки, быть достаточно стойкой к истиранию, иметь сопротивление изоляции, равное или большее, чем у материала основания печатной платы;

- не допускается применение поврежденного провода или провода с заусенцами.

Приложение ДА
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного документа IPC—7711B/7721B

Таблица ДА.1

Структура настоящего стандарта				Структура международного документа			
Разделы	Подразделы	Пункты	Подпункты	Разделы	Подразделы	Пункты	Подпункты
1	—	—	—	1	1.1	—	—
2	—	—	—		—	—	—
3	—	3.1	—		1.4	—	—
		3.2	—			—	—
		3.3	—			—	—
4	4.1	—	—		1.2	—	—
	4.2	—	—			—	—
	4.3	—	—		1.4	1.4.1	—
	4.4	—	—			1.4.2	—
	4.5	—	—				—
	4.6	—	—			1.4.4	—
	4.7	—	—		1.5	—	—
	4.8	—	—			—	—
	4.9	—	—			—	—
	4.10	—	—			1.5.1	—
	4.11	—	—		1.7	—	—
	4.12	—	—		1.8	—	—
	4.13	—	—			—	—
	4.14	—	—		-	—	—
5	5.1	5.1.1	—	2	2.3	2.3.2	—
		5.1.2	—			2.3.3	—
		5.1.3	—			2.3.4	—
		5.1.4	—			2.3.5	—
		5.1.5	—			2.3.6	—
	5.2	—	—		2.4	2.4.1	—
	5.3	—	—		2.6	—	—
	5.4	—	—		2.7	2.7.1	—
		—	—			2.7.2	—
		—	—			2.7.3	—
	5.5	5.5.1	—	3	3.1		—
		5.5.2	—		3.5	3.5.1	—
		5.5.3	—			3.5.2	—
		5.5.4	—		3.2	—	—
	5.6	5.6.1	—		3.4	3.4.1	—
		5.6.2	—			3.4.2	—

Окончание таблицы ДА.1

Структура настоящего стандарта				Структура международного документа			
Разделы	Подразделы	Пункты	Подпункты	Разделы	Подразделы	Пункты	Подпункты
5	5.7	5.7.1	5.7.1.1	4	—	—	—
			5.7.1.2		4.1	4.1.1	—
			5.7.1.3			4.1.2	—
		5.7.2	5.7.2.1		4.2	—	—
			5.7.2.2			4.2.1	—
			5.7.2.3			4.2.2	—
			5.7.2.4			4.2.3	—
			5.7.2.5			4.2.4	—
			5.7.2.6			4.2.5	—
			5.7.2.7			4.2.6	—
			5.7.2.8	7	7.1	7.1.1	—
		5.7.3	—	4	4.2	4.2.7	—
	5.8	5.8.1	—		4.3	4.3.1	—
		5.8.2	5.8.2.1			—	—
			5.8.2.2			4.3.2	—
			5.8.2.3			4.3.3	—
			5.8.2.4			4.3.4	—
	5.9	5.9.1	5.9.1.1		4.4	—	—
			5.9.1.2			4.4.1	—
			5.9.1.3			4.4.2	—
		5.9.2	5.9.2.1		4.5	—	—
			5.9.2.2			4.5.1	—
			5.9.2.3			4.5.2	—
		5.9.3	5.9.3.1		4.6	—	—
			5.9.3.2			4.6.1	—
			5.9.3.3			4.6.2	—
			5.9.3.4			4.6.3	—
		5.9.4	5.9.4.1		4.7	—	—
			5.9.4.2			4.7.1	—
			5.9.4.3			4.7.2	—
	5.10	5.10.1	—	5	—		—
		5.10.2	—		5.1		—
		5.10.3	—		5.2		—
		5.10.4	—		5.3		—
		5.10.5	—		5.4		—
	5.11	5.11.1	—	4	4.7	—	—
		5.11.2	—			4.7.3	—
		5.11.3	—	6	6.2	6.2.1	—
		5.11.4	—			6.2.2	—
	5.12	5.12.1	—		6.1	—	—
		5.12.2	—			—	—
		5.12.3	—			—	—

УДК 621.3.049.75:006.354 ОКС 31.180

Ключевые слова: печатная плата, класс применения, модификация, восстановление, ремонт, металлизированные отверстия, контактные площадки, основание печатной платы

Редактор *Г.Н. Симонова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 04.06.2019. Подписано в печать 29.07.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,74.
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.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru