

НАНОТЕХ



**ПАМЯТКА
РАЗРАБОТЧИКУ**

**Трафареты
для паяльной пасты**

WWW.PCB.VY

ПАМЯТКА РАЗРАБОТЧИКУ

Выпуск №3

Трафареты для пасты

Все, чего вы не знали, но стеснялись спросить

У нас Вы можете заказать изготовление печатных плат любого класса сложности и практически любого типа, а также сопутствующие товары:

- печатные платы одно-, двухсторонние
- многослойные (до 24-х слоев)
- гибкие и гибко- жесткие
- платы на алюминиевой подложке
- трафареты для паяльной пасты и клея лазерной резкой из нержавеющей стали с электрополировкой
- паяльные материалы COVAR для любого типа монтажа
- Электронные компоненты

К основным преимуществам работы с нами можно отнести:

- Высокое качество поставляемой продукции
- 100% выходной электроконтроль печатных плат
- Профессиональная техническая поддержка и сопровождение заказов
- Бесплатные консультации на этапе подготовки
- Минимальные сроки поставки
- Оптимальные цены
- Комплексное обслуживание

Трафареты для пасты.

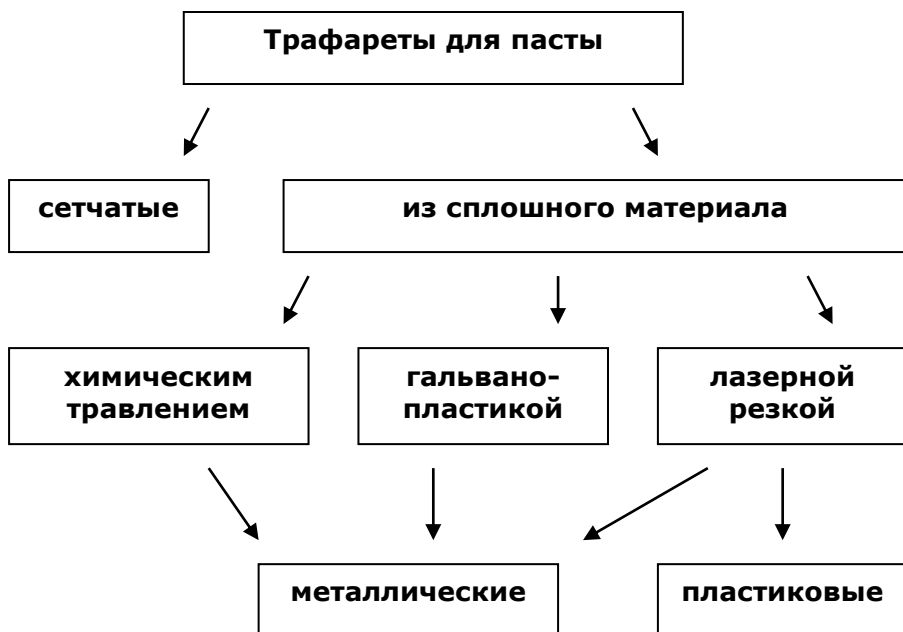
В брошюре рассматриваются только трафареты для нанесения паяльной пасты. Другие типы трафаретов, например, для клея, компаундов, нанесения надписей и т.д. выходят за рамки рассмотрения данного издания.

1. Для чего нужны трафареты. Типы трафаретов для пасты.

Постоянное развитие электроники и электронной промышленности, сопровождаемое все большей миниатюризацией элементной базы, привело к тому, что в настоящее время наиболее распространенным способом монтажа элементов на печатную плату стала технология поверхностного монтажа с пайкой оплавлением. При сборке по этой технологии основными этапами являются нанесение паяльной пасты, установка элементов и последующее оплавление пасты в печи (собственно пайка). А наиболее распространенным, дешевым и точным способом нанесения пасты в настоящее время является метод трафаретной печати. Паяльная паста наносится на печатную плату путем продавливания через соответствующие окна трафарета (так называемые апертуры). Трафарет в этом случае служит позиционирующим и дозирующим пасту устройством. И в этом его основное предназначение.

Конструктивное исполнение трафаретов зависит от ряда факторов, таких как тип трафарета, его толщина, размер окон (апертур), тип компонентов, тип паяльной пасты, топология печатной платы, требуемая производительность процесса нанесения паяльной пасты, требуемое время жизни трафарета (количество циклов печати) и других факторов. При нанесении паяльной пасты на контактные площадки трафарет должен обладать точным и воспроизводимым позиционированием, обеспечивать высокую производительность, малый уровень дефектов и повторяемость параметров процесса.

Классификация трафаретов для пасты по типам выглядит приблизительно следующим образом:



1.1. Сетчатые трафареты.

Сетчатый трафарет представляет собой жёсткую рамку, на которую натянута металлическая или нейлоновая сетка с диаметром нити 0,05 мм или менее. Для получения отверстий в сетчатом трафарете сетку покрывают с двух сторон слоем фоторезистивной эмульсии. После экспонирования ультрафиолетовым излучением через фотошаблон с рисунком контактных площадок и термообработки фоторезист удаляется только на тех участках, где должны быть контактные площадки. Через эти открытые поверхности паяльная паста наносится на поверхность печатной платы. Основными характеристиками сетчатого трафарета являются его толщина и номер сита, определяющий плотность расположения ячеек.

Сторона ячейки должна в четыре-пять раз превышать диаметр наибольшей частицы паяльной пасты. Толщина сетчатого трафарета может варьироваться лишь в небольших пределах.

Тип паяльной пасты для сетчатых трафаретов выбирают с возможно низким содержанием металла. Высота наносимого слоя пасты должна обеспечивать необходимый объём после её оплавления. Следует учитывать, что нити, из которых сплетен сетчатый трафарет, затрудняют прохождение паяльной пасты сквозь отверстия, из-за чего площадь поверхности участка пасты на плате будет меньше площади отверстия в сетчатом трафарете.

При использовании сетчатого трафарета печать производится по бесконтактному методу, когда между трафаретом и плоскостью печатной платы имеется зазор. После продавливания пасты в отверстия ракелем трафарет немедленно «отрывается» от поверхности платы за счет натяжения и возвращается в исходное положение. Величина зазора должна быть в пределах 0,5-1,0 мм (зависит от конструкции оборудования). Величина зазора, сила давления ракеля и номер сита в основном определяют качество трафаретной печати с использованием сетчатого трафарета.

К преимуществам сетчатых трафаретов можно отнести лишь их относительно невысокую стоимость. В остальном же они существенно проигрывают другим типам трафаретов и по точности дозирования, и по долговечности. Из-за особенностей нанесения пасты через сетку такие трафареты подходят для нанесения паяльной пасты только через относительно большие апертуры.

Границей применимости сетчатых трафаретов можно считать компоненты размера 0805. При меньших размерах компонентов обеспечение качественного нанесения пасты является проблематичным. Совершенно понятно, почему в настоящее время сетчатые трафареты находят лишь очень ограниченное применение.

1.2. Металлические трафареты.

Металлический трафарет представляет собой металлический лист (фольгу) толщиной 0,05 - 0,4 мм с отверстиями различной формы (апертурами). Металлические трафареты имеют значительно больший срок службы, чем сетчатые, и могут обеспечивать нанесение паяльной пасты (или клея) различного объёма. Отверстия на металлических трафаретах изготавливают методом химического травления, гальванопластикой или лазерной резкой.

1.2.1. Химическое травление.

Для изготовления трафарета методом двустороннего химического травления применяют медь, латунь, бронзу или нержавеющую сталь. На металлической заготовке после фотолитографии с обеих сторон открытым остаётся позитивный топологический рисунок, который и подвергается химическому травлению. Поскольку травление происходит с обеих сторон с одинаковой скоростью, в металлической фольге образуются отверстия с профилем стенок двойной клиновидной формы (с выступом посередине), см. Рис. 1. Такие трафареты используют в основном для нанесения паяльной пасты на контактные площадки с шагом более 0,6 мм или компонентов более 0402. При химическом травлении наименьший теоретический размер отверстий составляет 1,1 – 1,2 толщины трафарета. Практически же качественное отверстие размером менее 1,5-2 толщин фольги получить проблематично.

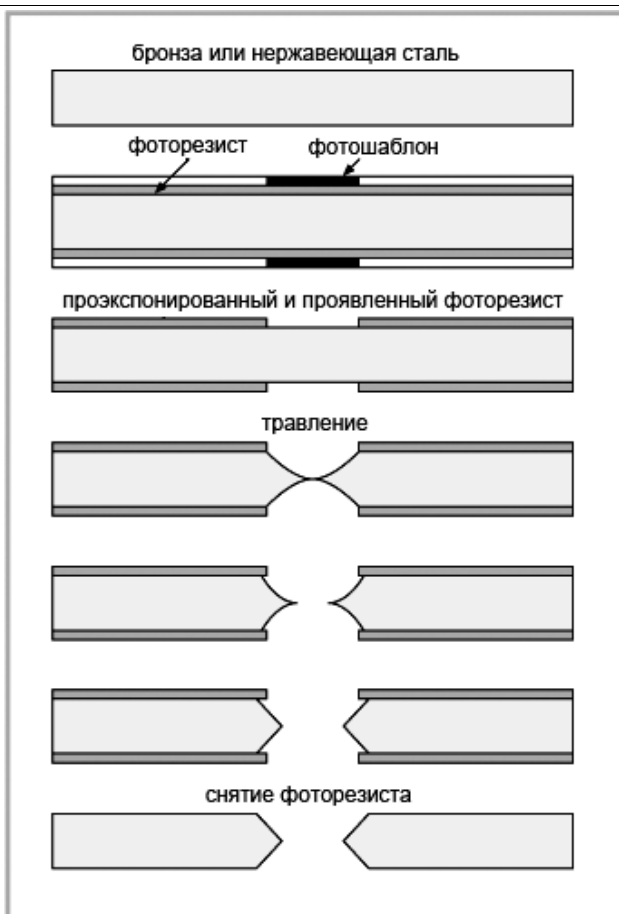


Рис. 1. Последовательность процесса изготовления трафарета методом химического травления.

Трафареты, выполненные методом химического травления, имеют и другие недостатки: затруднено отделение паяльной пасты из-за имеющегося на стенках отверстий клиновидного выступа, трудно выдержать нужную точность размеров апертур (возможно как недотравливание, так и перетравливание), при фотолитографии трудно обеспечить высокоточное совмещение топологических рисунков на обеих сторонах заготовки трафарета.

При переходе к бессвинцовой технологии необходимо учитывать, что бессвинцовые пасты характеризуются меньшей растекаемостью при оплавлении, что накладывает более жесткие требования на точность размеров апертур. В то же время такие трафареты имеют относительно невысокую стоимость.

1.2.2. Гальванопластика.

Гальванопластика – это аддитивный процесс с использованием никеля. Чёткость и точность в этом процессе выше, чем при химическом травлении. Использование никеля не случайно. Никель хорошо осаждается электролитическим методом, образуя плотный слой без пор и пустот. Электролитический никель обладает хорошими механическими свойствами и высокой коррозионной стойкостью, а также повышенной механической прочностью.

При изготовлении трафарета никель осаждается на медную форму, толщина которой примерно 5 – 6 мм, следующим образом. После фотолитографии на медной форме образуется негативное изображение рисунка (фоторезист остается на местах будущих отверстий в трафарете). Далее на эту форму наращивают электролитический никель.

После того, как будет достигнута желаемая толщина никелевого слоя, фоторезист удаляется, а никелевая фольга отделяется от формы методом изгиба. Медная форма может использоваться повторно. Снятая фольга, представляющая собой никелевый трафарет, готова для установки в рамку. Трафарет имеет клиновидные (трапециевидные) стенки апертур. Толщина трафарета лежит в пределах 0,15-0,3 мм. Минимальный размер отверстий может составлять 1,1 от этой толщины.

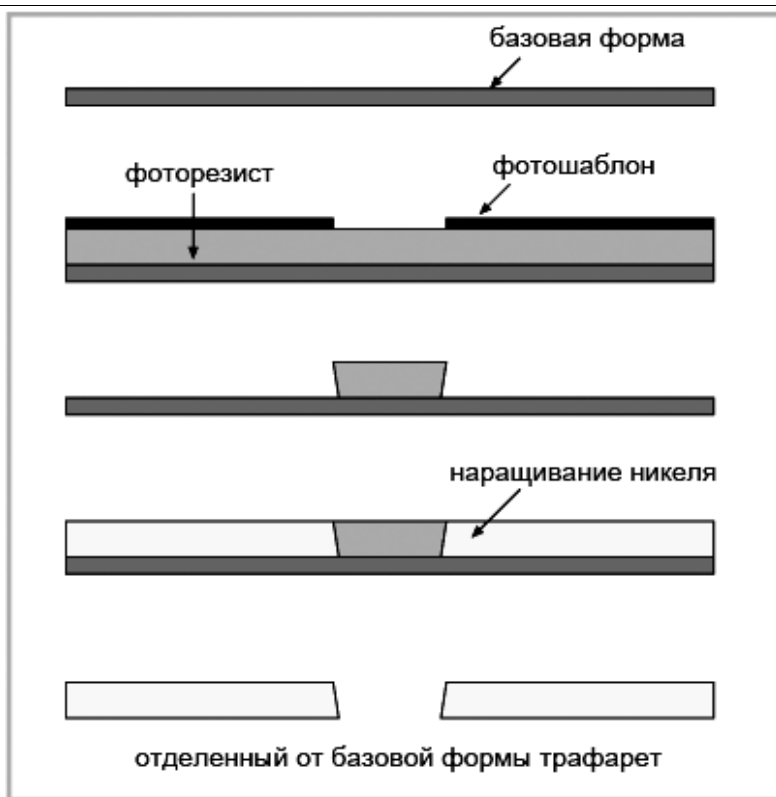


Рис. 2. Последовательность процесса изготовления трафарета методом гальванопластики.

Трапециевидный профиль стенок апертур обеспечивает хорошую отделяемость пасты от трафарета при его подъеме. Стенки апертур очень гладкие, что также способствует хорошему отделению пасты. Поверхность трафарета зеркальная, что обеспечивает хорошее скольжение ракеля. Хотя точность изготовления апертур выше, чем при методе химического травления, трафареты, изготовленные методом гальванопластики, не используют для нанесения пасты на площадки шагом менее 0,4 мм или площадки типоразмера менее 0201. Также к минусам таких трафаретов можно отнести их достаточно высокую хрупкость и очень высокую стоимость (стоимость такого трафарета в 3-5 раз выше стоимости трафарета лазерной резкой).

1.2.3. Лазерная резка.

В настоящее время наличие на платах корпусов с расстоянием между выводами 0,5 мм и менее, корпусов 0201 и 0402, BGA и микро-BGA – обычная картина. Более того, многие SMD-микросхемы имеют шаг выводов менее 0,5 мм. Для точного нанесения пасты на контактные площадки такого размера необходимо использовать трафареты, изготовленные лазерной резкой из нержавеющей стали.

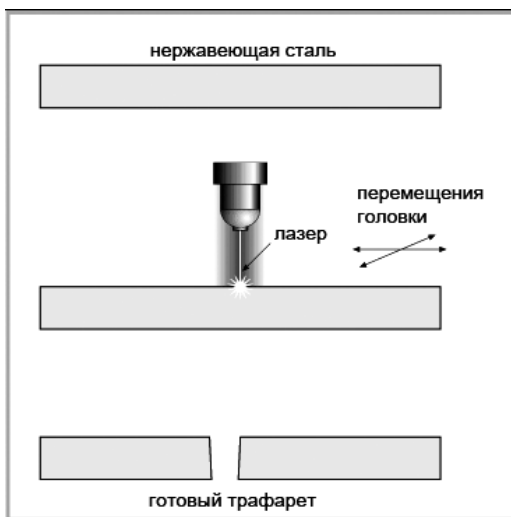


Рис. 3. Последовательность процесса изготовления трафарета методом лазерной резки.

При изготовлении трафаретов методом лазерной резки луч фокусируется на заданной точке трафарета и прожигает отверстие требуемого размера, двигаясь по его периметру. Изготовление трафаретов производится непосредственно по данным гербер-файлов, промежуточные носители, такие как фотшаблоны, отсутствуют. Это позволяет получать более точные размеры отверстий. Высокая управляемость процесса прожига также повышает точность изготовления отверстий. Еще одним преимуществом трафаретов, изготовленных лазерной резкой, является трапециевидный профиль стенок апертур.

Лазерный луч, обрабатывающий апертуры трафарета, имеет коническую форму, поэтому отверстия получаются трапециевидной формы. Паста в таких апертурах легко отделяется от трафарета при его подъеме.

Трафареты, выполненные лазерной резкой, обеспечивают высокую точность апертур ($\pm 0,005$ мм), позволяют наносить на контактные площадки платы точно дозированное количество паяльной пасты, могут быть использованы для монтажа любых печатных плат, применимы для монтажа компонентов с шагом выводов 0,3-0,4 мм и менее, типоразмеров 01005 и микро-BGA.

Трафареты из нержавеющей стали меньше изнашиваются, после прохождения стадии электрополировки имеют гладкую полированную поверхность, не требуют дополнительной механической обработки перед эксплуатацией, имеют малую степень растяжения. За счёт этого они не меняют своей формы, и рисунок апертур не деформируется даже после десятков тысяч циклов печати, что делает такие трафареты практически вечными.

Полированная поверхность нержавеющей стали способствует лучшему прилеганию ракеля при нанесении паяльной пасты, что уменьшает эффект выскабливания ракелем уже нанесенной паяльной пасты, а также снижает количество остатков паяльной пасты на трафарете, после прохода ракеля.

Параметры изготовления

- диаметр луча – 0,025-0,040 мм (в зависимости от модели лазера);
- размер минимальной прорези – 0,050 мм;
- минимальный размер перемычки в материале между соседними апертурами – не менее 0,100 мм;
- точность позиционирования лазерной головки – $\pm 0,001$ мм
- трапециевидность отверстий по направлению к основанию – $\pm 0,04$ мм

Лазерный трафарет - неотъемлемый атрибут высокоточной трафаретной печати, синоним надежности и технического совершенства. Он практически лишен недостатков. Ошибочное мнение, что края отверстий после лазерной резки могут быть пилообразной формы, и засорены окалиной, порождено использованием трафаретов, не прошедших обязательного этапа электрополировки после лазерной резки. Не смотря на то, что лазерные трафареты без обязательной электрополировки выпускаются отдельными производителями, использовать их не стоит, особенно для монтажа компонентов с мелким шагом.

Электрополировкой называется процесс окончательной (финишной) обработки трафарета, при которой под воздействием электрического тока происходит снятие тонкого поверхностного слоя металла с трафарета. В результате поверхность металла, включая внутреннюю сторону апертур, представляет собой гладкую поверхность без шероховатостей и заусенцев от окалины. Также по краю апертур образуется небольшая фаска. Это улучшает проходимость паяльной пасты через апертуры трафарета, практически не оставляя остатков пасты в нем.

Преимущества применения электрополировки:

- улучшается пропускная способность трафарета для паяльной пасты. Отпечатки пасты получаются более четкими. Как следствие, сокращается время трафаретной печати и увеличивается время эксплуатации трафарета между циклами отмывки;
- улучшается качество поверхности трафарета и ее защитных свойств против воздействия растворителей, применяемых для отмывки трафаретов. Из-за гладкой поверхности трафарет легче и быстрее моется;
- уменьшается вероятность образования перемычек пасты при поднятии трафарета;
- снимается легкий нагар и неровности от лазерной резки с поверхности трафарета и внутренней стороны апертур;
- типичная шероховатость стенок апертур после электрополировки $< 0,003$ мм.

Лазерная резка трафаретов – самый современный, технически совершенный и быстрый способ изготовления трафаретов. В сочетании с обязательной последующей электрополировкой, метод лазерной резки позволяет создавать трафареты любой сложности с аперттурами очень малого размера, высокой точности и в полном соответствии с техническим заданием от разработчика. Аперттуры будут изготовлены в точности так, как они изображены в системе САПР, разработчику нет необходимости рассчитывать допуски на «перетрав» и неточность изготовления, как это приходится делать при изготовлении трафаретов методом травления или гальванопластики. В результате вы получаете именно то, что хотели.

Преимущества трафаретов, вырезанных лазером:

- достаточно гладкие стенки и конусообразная форма апертур. Это способствует тому, что паяльная паста легко проходит через аперттуры трафарета при его подъеме после выполнения цикла печати;
- высокая геометрическая точность апертур, позволяющая наносить на контактные площадки платы точно дозированное и повторяемое с каждым разом количество паяльной пасты;
- высокая точность воспроизведения профилей контактных площадок на трафарете, что позволяет легко и надежно совмещать трафарет с печатной платой;
- изготовление трафарета производится непосредственно с данных, полученных с компьютера, что сводит к нулю ошибки вывода фотошаблонов, качества их изготовления, а также качества подготовки поверхности и нанесения фоторезиста на фольгу, как это бывает при изготовлении трафарета методом химического травления и гальванопластики;
- нержавеющая сталь, которая служит материалом для таких трафаретов, имеет малую степень растяжения. Поэтому, трафарет не меняет своей формы, и рисунок апертур не деформируется даже после десятков тысяч циклов печати, что делает трафарет из нержавеющей стали очень долговременным в использовании;

2. Выбор материала и метода изготовления трафарета.

Для качественного и быстрого нанесения пасты рекомендуем выбирать нержавеющую сталь в качестве материала трафарета. Медь, латунь и бронза, как материалы более мягкие, при натяжении трафарета могут привести к искажениям апертур и, как следствие, к смещению рисунка наносимой паяльной пасты и последующему образованию перемычек между выводами компонентов или остаточным шарикам припоя на поверхности печатной платы собранного электронного узла. Полированная поверхность нержавеющей стали способствует лучшему прилеганию ракеля при нанесении паяльной пасты, что уменьшает эффект выскабливания ракелем уже нанесенной паяльной пасты, а также снижает количество остатков паяльной пасты на трафарете, после прохода ракеля. Ресурс трафарета из нержавеющей стали значительно больше.

А в качестве метода изготовления трафарета мы настоятельно рекомендуем лазерную резку с обязательной последующей электрополировкой. Этот метод позволяет получать очень точные, качественные и долговечные трафареты по доступной цене. Лучшее сочетание цена/качество на сегодняшний день и в ближайшем будущем.

3. Проектирование трафаретов для пасты.

3.1. Формат данных.

Вне зависимости от способа изготовления трафарета, предпочтительным форматом данных, предоставляемых для изготовления трафарета, является гербер-файл. Это стандартный язык коммуникации с системами фотоплоттеров при производстве химически-травленных трафаретов. Он также используется при производстве трафаретов лазерной резкой или гальванопластикой. Несмотря на то, что исходный формат данных может варьироваться от одного проекта к другому, в зависимости от используемого программного пакета или разработчика, форматом данных повсеместно используемый фотоплоттерами и лазерным оборудованием является гербер.

Конечно, в настоящий момент от вас готовы принять заказ во многих форматах наиболее популярных систем проектирования. Но не всегда это играет положительную роль. Это связано с тем, что финальную «сборку» всех данных о трафарете производят вне вашей технологической цепочки, тем самым вы можете только косвенно контролировать процесс подготовки. А ведь трафарет является технологической оснасткой, от которой зависит более 50% качества поверхностного монтажа.

Одним словом гербер-формат — это «родной язык» для производителя. Говоря с ним на одном языке, вы исключаете вариант того, что вас кто-то не поймет, поскольку все данные представлены в самом файле. Наш опыт работы в течение многих лет по изготовлению трафаретов показывает, что это действительно является объективной реальностью. Как только производство, которое заказывает трафареты, переходит на заказ в формате гербер, огромный вал вопросов, связанный с подготовкой исходных данных и их конвертированием исчезает в «никуда». Это как система ЕСКД для чертежей. Если Вы не работаете с ней, Вас не поймут на производстве, поскольку вы не говорите на общепринятом языке.

Достаточно удобной и универсальной программой для работы с гербер-файлами является программа CAM350 (www.downstreamtech.com/cam350.html). Она позволит вам импортировать данные из различных систем проектирования, произвести с ними необходимые модификации, «увидеть», как будет выглядеть конечный трафарет в реальном масштабе. Конвертирование данных из CAM350 в гербер-формат и обратно настолько простое, что эти форматы абсолютно взаимозаменяемы для производителя. Формат CAM350 удобен еще и тем, что может содержать несколько слоев Gerбер-файлов с разным назначением: слой пасты, контур трафарета и крепежные отверстия, слой реперов для совмещения трафарета и т.д.

3.2. Слой паяльной пасты.

Слой паяльной пасты содержит собственно апертury, он совершенно необходим для производства трафарета.

3.3. Контур трафарета и его крепежные отверстия.

Прорисуйте контур трафарета и его крепежные отверстия. Существует большое разнообразие всевозможных видов контуров трафаретов, предназначенных для различных способов их крепления. Все они имеют свои габариты и варианты расположения крепежных отверстий. Лучше всего, если границы трафарета и крепежные отверстия указаны в явном виде. Это позволит избежать недоразумений при подготовке файла и расположению апертур относительно контура трафарета. Если вам трудно самостоятельно подготовить данные по контуру трафарета, вышлите его чертеж производителю и запросите согласование файлов. Полученный файл с прорисованными габаритами впоследствии уже можно будет использовать для самостоятельной подготовки новых заказов. Габариты трафарета и расположение его крепежных отверстий для промышленных принтеров определяется системой натяжения, которая на нем используется. Для этого достаточно один раз создать такой файл, а затем в нем меняется только рисунок апертур для нового трафарета.

Бывает так, что трафарет предназначен для ручного нанесения паяльной пасты на простом принтере без крепежных отверстий (например, с закреплением в металлических губках), такой трафарет может не иметь крепежных отверстий и быть произвольного размера. Общие рекомендации в этом случае следующие. Оставляйте поля на трафарете, относительно поля апертур не менее 150 мм с каждой стороны по ходу движения ракеля и не менее 50 мм по боковым сторонам трафарета. Эти поля нужны для того, чтобы при движении ракеля на нем образовывался валик пасты, движимый ракелем, который и проходит по апертурам трафарета. Кроме того, чем больше размер трафарета и чем дальше расположены апертury от точек крепления трафарета, тем меньше влияние скручивающих сил, возникающих при его креплении.

3.4. Расположение слоя пасты (апертур) относительно контура трафарета.

Разные модели принтеров требуют разного расположения массива апертур относительно контура трафарета. Следует посоветоваться с технологом производства, где вы собираетесь производить монтаж, по поводу правильного расположения. Обычно используют один из следующих вариантов:

- центрирование слоя апертур относительно контура трафарета;
- центрирование контура платы (панели) относительно контура трафарета. В этом случае необходим слой контура платы (панели);
- смещение контура платы (панели) относительно контура трафарета. В этом случае необходима информация о слое контура платы (панели) и размер отступов от контура трафарета.

Если трафарет достаточно большого размера, а сама печатная плата или мультиплицированная панель имеет небольшие габариты, можно скомбинировать на одном трафарете апертуры, предназначенные для различных сторон печатной платы. Это позволит наносить пасту сразу на две платы – в прямом расположении и в перевернутом, что существенно увеличит скорость монтажа и повысит удобство нанесения пасты.

3.5. Идентификация.

Хорошим тоном считается маркирование трафарета идентификационной информацией, позволяющей установить точное соответствие между изделием и трафаретом для его сборки. Это существенно упростит задачу по нахождению нужного трафарета на сборочном производстве и исключит ошибочное использование другой версии трафарета для сборки вашего изделия. Обычно достаточно следующей информации:

- наименование изделия (его код);
- номер изменения (версии);
- толщина трафарета;

-
- дата изготовления;
 - серийный номер трафарета по базе производителя трафарета.

3.6. Проектирование трафарета.

Наиболее популярным сводом рекомендаций по трафаретам для поверхностного монтажа является стандарт IPC-7525. Он описывает общие рекомендации по подготовке файлов для изготовления трафаретов, по проектированию апертур, дает расшифровку терминологии, применяемой в данной технологии. Стандарт IPC-7525 дает общие правила модификации размеров и формы апертур, но окончательное решение о необходимости изменений принимает технолог сборочного участка или предприятия и никто, кроме него. Все это делается в зависимости от конкретного используемого оборудования и расходных материалов.

Безусловно, мы окажем всю необходимую помощь в проектировании трафарета, но, простейшие модификации желательнее делать самостоятельно, поскольку тем самым вы можете полностью контролировать процесс подготовки и выполнять его под требования своего монтажного производства.

3.6.1. Дизайн апертур.

Общие рекомендации по дизайну апертур для различных СМД компонентов приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Рекомендации по дизайну апертур

| Тип компонента | Шаг выводов | Ширина контактной площадки компонента | Длина контактной площадки компонента | Ширина апертуры трафарета | Длина апертуры трафарета | Диапазон толщин материала трафарета | Диапазон аспектных соотношений ¹ | Диапазон соотношений площадей |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| PLCC | 1.25 mm [49.2 mil] | 0.65 mm [25.6 mil] | 2.00 mm [78.7 mil] | 0.60 mm [23.6 mil] | 1.95 mm [76.8 mil] | 0.15 - 0.25 mm [5.91 - 9.84 mil] | 2.3 - 3.8 | 0.88 - 1.48 |
| QFP | 0.65 mm [25.6 mil] | 0.35 mm [13.8 mil] | 1.50 mm [59.1 mil] | 0.30 mm [11.8 mil] | 1.45 mm [57.1 mil] | 0.15-0.175 mm [5.91 - 6.89 mil] | 1.7 - 2.0 | 0.71 - 0.83 |
| QFP | 0.50 mm [19.7 mil] | 0.30 mm [11.8 mil] | 1.25 mm [49.2 mil] | 0.25 mm [9.84 mil] | [1.20 mm] 47.2 mil | 0.125 - 0.15 mm [4.92 - 5.91 mil] | 1.7 - 2.0 | 0.69 - 0.83 |
| QFP | 0.40 mm [15.7 mil] | 0.25 mm [9.84 mil] | 1.25 mm [49.2 mil] | 0.20 mm [7.87 mil] | [1.20 mm] 47.2 mil | 0.10 - 0.125 mm [3.94 - 4.92 mil] | 1.6 - 2.0 | 0.68 - 0.86 |
| QFP | 0.30 mm [11.8 mil] | 0.20 mm [7.87 mil] | 1.00 mm [39.4 mil] | 0.15 mm [5.91 mil] | 0.95 mm [37.4 mil] | 0.075-0.125 mm [2.95 - 3.94 mil] | 1.5 - 2.0 | 0.65 - 0.86 |
| 0402 | - | 0.50 mm [19.7 mil] | 0.65 mm [25.6 mil] | 0.45 mm [17.7 mil] | 0.60 mm [23.6 mil] | 0.125 - 0.15 mm [4.92 - 5.91 mil] | - | 0.84 - 1.00 |
| 0201 | - | 0.25 mm [9.84 mil] | 0.40 mm [15.7 mil] | 0.23 mm [9.06 mil] | 0.35 mm [13.8 mil] | 0.075-0.125 mm [2.95 - 3.94 mil] | - | 0.66 - 0.89 |
| BGA | 1.25 mm [49.2 mil] | круг 0.80 mm [31.5 mil] | круг 0.80 mm [31.5 mil] | круг 0.75 mm [29.5 mil] | круг 0.75 mm [29.5 mil] | 0.15 - 0.20 mm [5.91 - 7.87 mil] | - | 0.93-1.25 |
| BGA с мелким шагом | 1.00 mm [39.4 mil] | круг 0.38 mm [15.0 mil] | круг 0.38 mm [15.0 mil] | квадрат 0.35 mm [13.8 mil] | квадрат 0.35 mm [13.8 mil] | 0.115-0.135 mm [4.53 -5.31 mil] | - | 0.67-0.78 |
| Микро-BGA | 0.50 mm [19.7 mil] | круг 0.30 mm [11.8 mil] | круг 0.30 mm [11.8 mil] | квадрат 0.28 mm [11.0 mil] | квадрат 0.28 mm [11.0 mil] | 0.075-0.125 mm [2.95 - 3.94 mil] | - | 0.69-0.92 |

¹ - прочерк в данной графе означает, что следует руководствоваться только отношением площадей.

3.6.2. Размеры апертур.

Объем паяльной пасты, наносимой на контактную площадку, зависит от размера апертуры и толщины трафарета. Паста заполняет апертуру при движении ракеля в цикле печати и должна полностью переноситься на контактную площадку при последующем подъеме трафарета. На способность пасты отделяться от стенок апертур трафарета влияют следующие факторы:

- отношение площадей и аспектное отношение апертуры;
- геометрия стенок апертур;
- постобработка стенок апертур.

3.6.2.1. Отношение площадей и аспектное отношение апертуры.

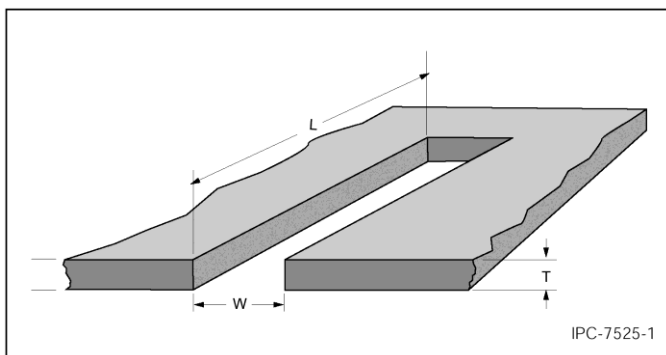


Рис. 4. Поперечное сечение апертуры трафарета.

аспектное отношение = ширина апертуры / толщина трафарета = W/T

отношение площадей = площадь апертуры / площадь стенок апертуры = $LW/2(L+W)T$

Общее правило выбора размера апертур для хорошей отделяемости паяльной пасты от стенок гласит, что **аспектное отношение для апертуры должно быть >1.5, а отношение площадей должно быть >0.66.**

При подъеме трафарета вступают в действие две противоположные тенденции: с одной стороны паста переносится на контактную площадку (прилипает к ней), а с другой стороны приклеивается к стенкам апертуры трафарета. В случае, если площадь апертуры больше 0,66 от площади стенок, происходит полное отделение пасты от трафарета.

3.6.2.2. Изменение размеров и формы апертур по отношению к размерам контактной площадки.

Как правило, размеры апертур уменьшают по отношению к размерам контактной площадки. А также обычно изменяют форму апертуры. Уменьшение размеров апертур или изменение формы может быть желательным для улучшения процессов трафаретной печати, оплавления или очистки трафарета. Например, уменьшение размеров апертур уменьшает вероятность рассовмещения апертур трафарета с контактными площадками, уменьшает вероятность попадания пасты мимо контактной площадки, и, как следствие, вероятность образования перемычек и шариков припоя. Также уменьшение размеров апертур компенсирует растяжение трафарета и допуски на усадку пасты.

3.6.2.3. Пропорциональное уменьшение всех размеров апертур, либо одного из этих размеров

Как правило, достаточно уменьшения апертуры в пределах 0-10% по площади от размеров контактной площадки. Причем, для бессвинцовых паст рекомендуем ограничиться уменьшением 0-5% из-за меньшей их смачиваемости и растекаемости при оплавлении.

Важно соблюдать правило хорошей отделяемости пасты: аспектное отношение для апертуры должно быть >1.5 , а отношение площадей должно быть >0.66 . Необходимо также помнить о том, что излишнее уменьшение апертуры может явиться причиной непопадания достаточного количества пасты на контактную площадку и, как следствие, образование непропая компонента.

Следует также правильно выбирать тип пасты (по размеру частиц), так, чтобы 4 - 5 самых больших частиц припоя пасты

вписывались в самое маленькое отверстие трафарета (см. Рис. 5.)



Рис. 5. В самое маленькое отверстие трафарета должны вписываться от 4 до 5 самых больших шариков припоя.

Рекомендуемые размеры апертур для различных компонентов можно найти в Табл. 1.

3.6.2.4. Выводные СМД компоненты.

Для выводных СМД компонентов, с J-формой выводов или с формой выводов «крыло чайки» (SO, SOJ, SOT и т.д.) с шагом выводов 1,3 – 0,4 мм [51,2 – 15,7 мил], уменьшение апертуры обычно составляет 0,03-0,08 мм [1,2 – 3,1 мил] по ширине и 0,05-0,13 мм [2,0 – 5,1 мил] по длине.

3.6.2.5. Пластиковые BGA.

Уменьшите диаметр круглых апертур на 0,05 мм [2,0 мил].

3.6.2.6. Керамические BGA.

Увеличьте диаметр круглых апертур на 0,05-0,08 мм [2,0-3,1 мил], если это не входит в противоречие со вскрытыми окнами на паяльной маске, и/или увеличьте толщину трафарета до 0,2 мм и сделайте апертуры того же размера, что и контактные площадки. Руководствуйтесь стандартом IPC-7095 для соблюдения объема паяльной пасты.

3.6.2.7. BGA с малым шагом, микро-BGA и CSP.

Используйте квадратные аперттуры с размером стороны, равным диаметру круглой контактной площадки или на 0,025 мм [0,98 мил] меньше этого диаметра. Углы квадрата должны быть скруглены. Рекомендуемый радиус скругления 0,06 мм [2,4 мил] для квадратной аперттуры 0,25 мм [9,8 мил] и 0,09 мм [3,5 мил] для квадратной аперттуры 0,35 мм [14 мил].

3.6.3. Скругление углов апертур трафарета.

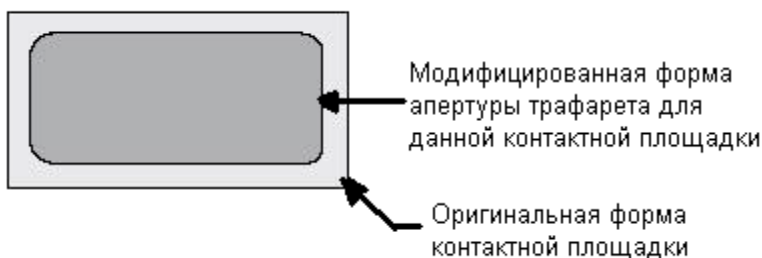


Рис. 6. Скругление углов апертур трафарета

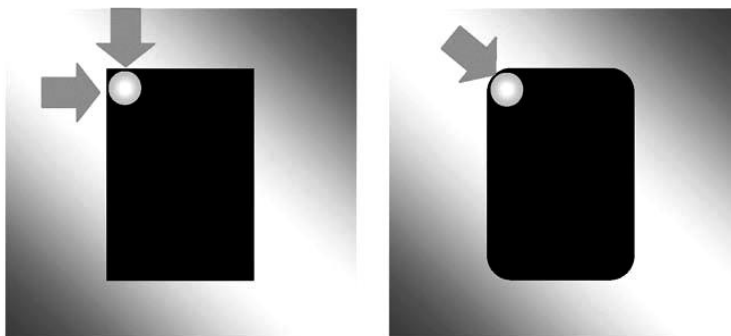


Рис. 7. В отверстиях со скругленными углами силы адгезии между пастой и стенками отверстий меньше.

Скругление углов апертур уменьшает силу адгезионного взаимодействия между пастой и стенками отверстий при отделении трафарета от подложки, что способствует меньшему искажению отпечатанного рисунка, препятствует забиванию

трафарета пастой, а также улучшает отмывку трафарета. Скругление также выполняется для предотвращения застревания частиц пасты в углах апертур трафарета (особенно апертур небольшого размера). Застрявшие частицы могут выпасть из трафарета при следующем цикле печати на печатную плату и образовать при оплавлении шарики припоя или явиться причиной непопадания пасты в мелкую апертуру трафарета при следующем цикле нанесения пасты. Подобное скругление рекомендуется делать на всех апертурах трафарета. Радиус скругления следует выбирать примерно 0,1-0,15 мм для мелких апертур и от 0,2 мм и более для крупных апертур.

3.6.4. Изменение формы контактных площадок.

Как правило, изменение формы контактных площадок применяется для стандартных чип-компонентов (резисторы, конденсаторы, и т.д.) с целью «увести» излишки паяльной пасты из-под бруска компонента, чтобы воспрепятствовать образованию перемычки между его контактными площадками.

Также излишки пасты под самим компонентом, не закрепившиеся на его контактной площадке могут стать причиной возникновения шариков припоя.

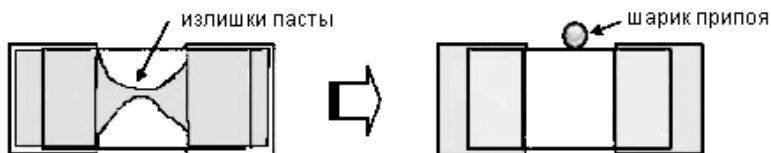


Рис. 8. Образование шариков припоя из-за излишков пасты под чип-компонентом.

3.6.4.1. Чип-компоненты – резисторы и конденсаторы.

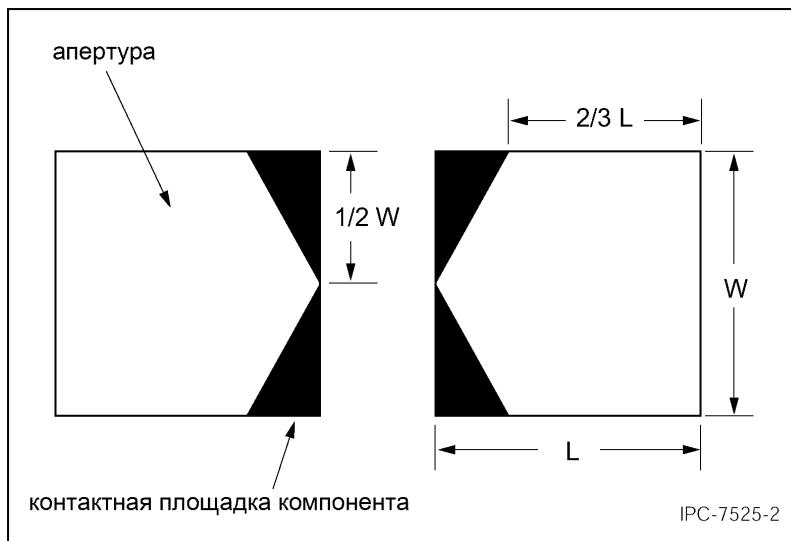


Рис. 9. Вариант изменения формы апертуры «крыша».

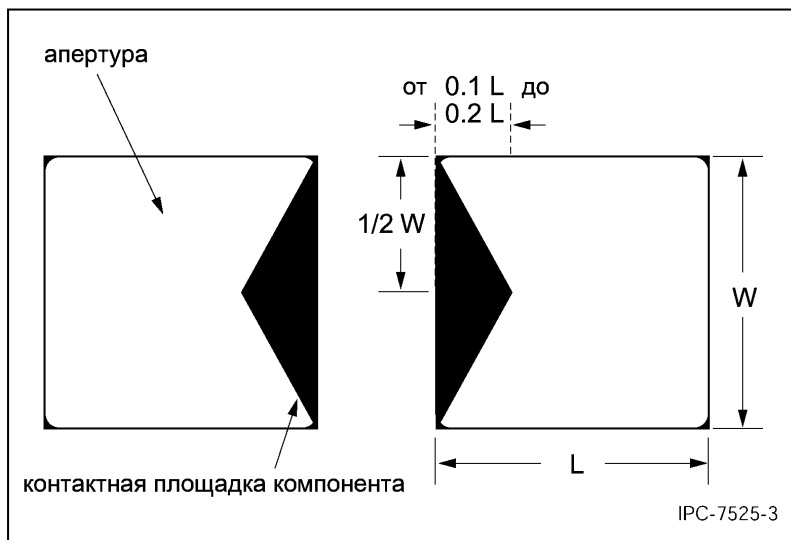


Рис. 10. Вариант изменения формы апертуры «галстук-бабочка».

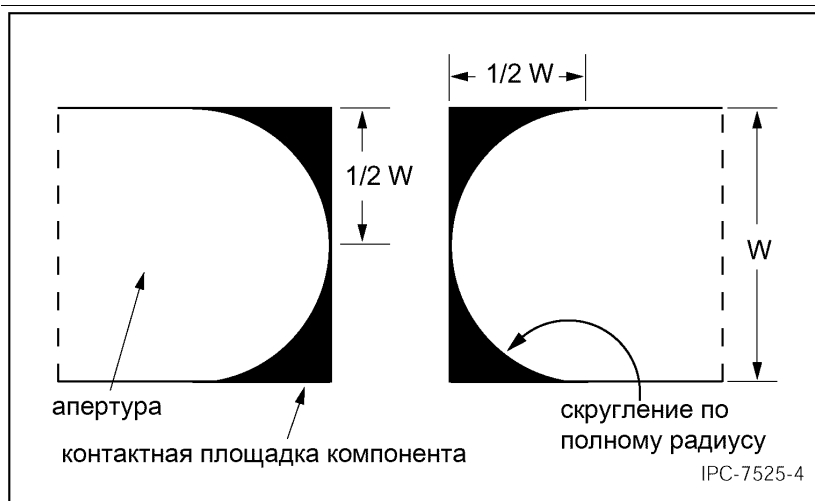


Рис. 11. Вариант изменения формы апертуры «скругление».

3.6.4.2. MELF, mini-MELF компоненты.

Для этого типа компонентов следует выбрать С-образную форму апертур, как показано на Рис. 12.

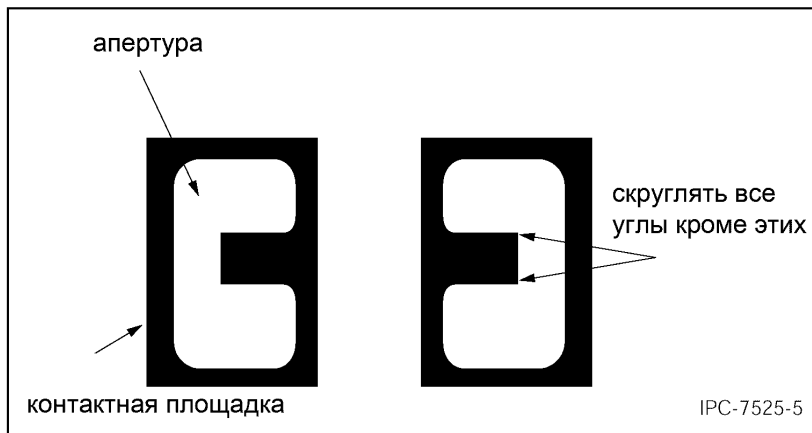


Рис. 12. Пример модификации формы апертур для MELF – компонентов.

Подобные модификации используются для компонентов MELF типа (бочонкообразные компоненты). С одной стороны это помогает избежать переемычки под компонентом (а также образования шариков припоя из-за остатков пасты), с другой стороны образует два скобообразных валика пасты, обхватывающих бочкообразный компонент и не дающих ему возможности кататься по печатной плате до оплавления паяльной пасты.

3.6.5. Выбор толщины материала трафарета.

Выбор толщины материала – ключевой момент в проектировании трафарета. Именно толщина трафарета определяет объем наносимой паяльной пасты и качество печати. На выбор толщины трафарета влияют множество факторов, такие как типоразмер компонентов, тип устройства печати, тип ракеля, свойства паяльной пасты, и т.д. При прочих равных условиях, чем меньше толщина трафарета, тем выше разрешающая способность печати и качество отпечатка. Поэтому, лучше выбирать трафарет тоньше и уменьшать размер апертур в меньшей пропорции, нежели уменьшать апертуры более радикально на трафарете большей толщины. Естественно, при соблюдении достаточного для качественной пайки объема паяльной пасты.

Решающим фактором при выборе толщины трафарета является типоразмер используемых компонентов. Важно правильно выбирать типоразмеры элементной базы еще на этапе проектирования. Не нужно без необходимости использовать крупные чип-компоненты, скажем 1206 или 0805 совместно с микро-BGA, CSP или QFP с шагом 0,3-0,5 мм. Единственным исключением является обеспечение необходимой рассеиваемой мощности. Если же меньший типоразмер обеспечивает требуемую рассеиваемую мощность, нужно использовать именно его. Другими словами, компоненты должны «сочетаться» по типоразмеру. Примером сбалансированного выбора типоразмеров могут являться следующие сочетания: чипы 01005 и 0201 совместно с flip-chip компонентами; чипы 0201 и 0402 совместно с микро-BGA, CSP или QFP с шагом 0,3-0,4 мм; 0402 и 0603 с BGA и QFP с шагом 0,5-0,635 мм; 0603 и 0805 с SOT23, SO с шагом 1,25 мм и большим. Следует стремиться к разумной миниатюризации. Не стоит бояться выби-

рать чипы меньших типоразмеров. Это позволит существенно сэкономить на стоимости изделия в целом. Во-первых, чипы меньшего размера стоят в настоящее время существенно дешевле более крупных. Во-вторых, применение элементной базы в меньших по размеру корпусах позволяет существенно уменьшать площадь печатной платы, экономя на ее стоимости даже при увеличении количества слоев печатной платы. В данный момент добавление пары слоев к печатной плате обходится значительно дешевле увеличения площади платы меньшей слойности. В-третьих, при выборе меньших типоразмеров при условии их сбалансированности обеспечивается большая технологичность процесса монтажа.

Для выбора толщины материала необходимо рассмотреть элементную базу проекта и обратить внимание на компоненты с самыми маленькими и с самыми большими контактными площадками. Для компонентов с минимальными по проекту контактными площадками необходимо рассчитать отношение площадей с учетом уменьшения апертур на 0-10% по площади от контактных площадок. Для хорошей отделяемости пасты отношение площадей должно быть $>0,66$. Исходя из этого условия (отношение площадей $>0,66$) следует выбрать наименьшую толщину материала, которая обеспечивала бы достаточное количество пасты для компонентов с самыми большими контактными площадками с учетом уменьшения их апертур на 0-5% по площади.

Большинство изделий позволяют непротиворечиво следовать данному алгоритму выбора. Но в некоторых случаях применить этот алгоритм затруднительно из-за большого разброса по типоразмерам компонентов. Например, сочетание компонентов 0201, 0402, BGA, QFP с шагом 0,3-0,5 мм и компонентов 1206, 2010 или еще больших. В таких случаях при выборе толщины трафарета стоит принимать во внимание наименьшие компоненты, выполняя условие отношение площадей $>0,66$ и выбирая наименьшую толщину трафарета для качественного нанесения пасты на площадки мелких компонентов, так как большинство дефектов монтажа приходится именно на мелкие компоненты, и чаще всего это замыкания от излишков пасты. А для того, чтобы обеспечить необходимое количество пасты для крупных компонентов, их апертуры можно сделать даже с небольшим превышением по отноше-

нию к площадке. При оплавлении паста, находящаяся вне площадки «стянется» к основному объему и образует качественную галтель.

При выборе толщины материала следует руководствоваться стандартным рядом толщин: **0,05 мм, 0,075 (0,08) мм, 0,10 мм, 0,12 (0,125, 0,127) мм, 0,15 мм, 0,20 мм**. Трафареты толщиной более 0,20 мм для нанесения пасты обычно не используются. Толщина 0,05 мм используется только для нанесения пасты на площадки компонентов типа flip-chip и типоразмера 01005.

Дополнительно при выборе толщины материала можно пользоваться таблицей 1.

По опыту работы можем посоветовать использовать толщины трафаретов 0,10 мм и 0,12 мм. Именно при их использовании достигается оптимум объема пасты для разновеликих компонентов типичных изделий электронной техники на сегодняшний день в нашей стране и окрестностях. Если вы применяете компоненты типа flip-chip и типоразмера 01005, выбирайте толщину 0,05-0,08 мм; QFP с шагом 0,3-0,4 мм и микро-BGA, 0201 – 0,08-0,10 мм; QFP с шагом 0,5 мм, BGA и 0402 – 0,10-0,12 мм. Толщину 0,15 мм следует выбирать преимущественно для изделий с чипами 0805 и 1206, корпусами SO с шагом 1,25 и более.

3.6.6. Реперы.

Реперы применяют для точного совмещения трафарета с рисунком контактных площадок на печатной плате. В зависимости от системы технического зрения автоматического принтера и от способа совмещения применяют реперы трех основных типов: сквозные, несквозные со стороны платы, несквозные со стороны ракеля.

Сквозные реперы используют в основном при ручном совмещении трафарета. Их размещают в двух (реже трех) диагональных углах заготовки (панели) или платы. По форме это чаще круг 1,0-2,0 мм в диаметре на 10% больше соответствующей контактной площадки (репера) на плате, открытой из-под маски. Иногда используют другие формы сквозных реперов, например, крест, реже квадрат.

Несквозные реперы выполняются полуглубинным травлением или лазерной гравировкой (обычно на треть глубины) с последующим заполнением черным эпоксидным компаундом для увеличения контраста. Чаще всего используются несквозные реперы расположенные на трафарете со стороны платы. Количество несквозных реперов выбирают обычно три или более. Лучше располагать их также в противоположных углах платы или панели. Несквозной репер – как правило, круг диаметром 1,0-2,0 мм. Он может соответствовать такому же реперу на плате открытому из-под маски либо закрытому маской, какой-либо контактной площадке или металлизированному отверстию. Выбор зависит от системы технического зрения и предпочтения технолога.

Контакты

ООО "Нанотех" расположен по адресу:
г.Минск, ул. Огинского 6 (4-й этаж)

Позвонить в наш офис можно по телефонам:

тел: (+375 17) 388 44 22
тел/факс: (+375 17) 281 35 36
тел. моб: (+375 29) 101 35 36 (Velcom)
тел. моб: (+375 29) 876 35 36 (МТС)

Адрес электронной почты: pcb@pcb.by
Вебсайт в интернете: www.pcb.by

