

Технология поверхностного монтажа step-by-step

Обобщение технологического опыта в области поверхностного монтажа приводит к однозначным понятиям, связанным со строгой последовательностью производственных процессов и управлением ими для предотвращения типовых видов брака и методов их устранения. Естественно, что описать в короткой статье все подробности технологии невозможно. Авторы лишь пытались наметить канву всех аспектов поверхностного монтажа на примере оборудования известных производителей, чтобы в последующих публикациях раскрыть отдельные этапы более подробно.

**Александр Вотинцев,
Игорь Зеленюк**

assembly@nm.ru

Отметим, что поверхностный монтаж не является для отечественных технологов совсем неведомой диковиной. Более 15 лет назад, во второй половине 80-х годов появилось первое серьезное обобщение опыта, в основном зарубежного, по использованию этой технологии в производстве изделий радиоэлектроники. Уже тогда стало очевидным, что бурное развитие микроэлектроники, переход от интегральных схем (ИС) малой интеграции к большим ИС (БИС) и сверхбольшим ИС (СБИС) ставит производителей электронных узлов перед необходимостью радикального изменения метода сборки.

Увеличение количества выводов компонентов, уменьшение их размеров и расстояний между ними, изменение конфигурации выводов — все это делало более целесообразной установку многвыводных корпусов БИС и СБИС не в сквозные отверстия, а на контактные площадки, расположенные на поверхности печатных плат.

Тем не менее, большая часть отечественных предприятий только сейчас переходит на поверхностный монтаж. При этом для российских предприятий в большей степени характерна широкая номенклатура изделий при малой программе выпуска.

Перед рассмотрением самого технологического процесса сборки отметим один из наиболее важных

этапов создания электронной техники, которому, к сожалению, уделяется недостаточно внимания. При разработке платы для монтажа на поверхности (в отличие от традиционной технологии) необходимо уделить внимание грамотной подготовке данных CAD/CAM: в этом случае подготовка программы управления автоматическими установщиками и проектирование трафарета (в случае трафаретного нанесения припойной пасты) занимает считанные минуты.

Рассмотрим подробнее основные этапы сборочного процесса.

Шаг 1. Нанесение припойной пасты

Особо оговорим, что техника нанесения адгезивов во многом полностью аналогична технике нанесения припойных паст (за исключением режимов нанесения). Диспенсорное нанесение адгезивов осуществляется при соотношении диаметра нанесенной точки к ее высоте в диапазоне от 1,5:1 до 5:1. Нужно отметить, что в 90% случаев нанесения адгезивов используются диспенсоры. Производительность автоматических установок достигает 50000 точек/ч.

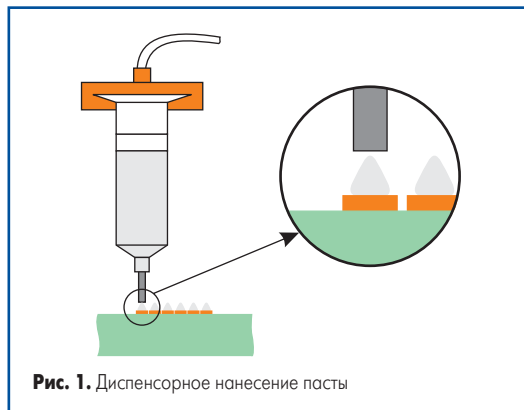
Технологические режимы трафаретного нанесения адгезивов (печать заливкой) схожи с трафаретным нанесением паст. Однако используемые для нанесения адгезивов трафареты обычно имеют толщину от 0,15 до 0,20 мм.

После установки компонентов на термоотверждаемый адгезив осуществляется запекание при температуре от 110 до 160 °С.

В дальнейшем будет описываться технология применительно к припойным пастам.

Диспенсорное нанесение

Диспенсорное нанесение является довольно часто встречающимся методом нанесения припойной пасты, применяемым в штучном и мелкосерийном производстве. К основным преимуществам метода относятся простота переналадки оборудования и отсутствие необходимости изготовления трафарета. Однако не стоит считать этот метод более экономически оправданным (по сравнению с трафаретной



печатью). Стоимость банки пасты для трафаретного нанесения колеблется в пределах \$40–60, а одного шприца пасты — \$10–20.

В основе метода лежит диспенсор — шприц (рис. 1). Под действием сжатого воздуха осуществляется выдавливание пасты через иглу на поверхность контактных площадок печатной платы. Метод применим как для ручного нанесения, так и для автоматического.

Производительность ручной работы у опытных операторов достигает 120 точек в минуту. Производительность автоматического нанесения достигает 500 точек в минуту.

При ручном диспенсорном нанесении возможны два наиболее опасных вида брака:

- неточное дозирование — приводит к замыканиям после оплавления;
- разное количество припойной пасты на контактных площадках одного компонента — приводит к эффекту опрокидывания.

При автоматическом диспенсорном нанесении брак может возникнуть только по вине оператора (за исключением отказа оборудования по техническим причинам). Наименее вероятный брак — неточность нанесения в пределах погрешности оборудования. Поскольку точность современных установок достаточна (а зачастую и избыточна) для процесса диспенсорного нанесения, погрешность размещения пасты на печатной плате не приводит к браку. Соответственно, брак может возникнуть только из-за неверной программной настройки оборудования по вине оператора.

Трафаретная печать

Метод трафаретной печати подразумевает нанесение пасты через апертюры (окна) в сетчатом (рис. 2) или цельнометаллическом трафарете припойной пасты на контактные площадки печатных плат.

Техника трафаретной печати проста: при движении ракеля по поверхности трафарета припойная паста продавливается сквозь его апертюры на контактные площадки. Наиболее важной фазой этого процесса является продвижение пасты вдоль поверхности трафарета, так как наносимая масса должна перемещаться по поверхности трафарета с определенной силой прижатия ракеля и строго выверенной скоростью его перемещения. Трафарет и рапель должны быть чистыми, и паста должна иметь строго определенные характеристики для этой силы и скорости. Ошибки в этих параметрах приводят к таким бракам, как закоротки или непропаи. Прак-

тика показывает, что больше половины ошибок всего процесса сборки печатных плат приходится именно на процесс нанесения припойной пасты. Преимуществом метода трафаретного нанесения припойной пасты является то, что паста может быть нанесена слоем до 300 (в предельных случаях до 650) мкм с очень высокой точностью. В общем случае отверстия трафарета открывают лишь 50–90% площади контактных площадок, что исключает нанесение излишнего количества припойной пасты (соответственно, данный метод, в отличие от диспенсорного нанесения, позволяет осуществлять высокоточный монтаж компонентов со сверхмалым шагом выводов).

При нанесении припойной пасты этим методом используются специальные установки. Такие установки на рынке паяльного оборудования делятся на два типа: лабораторные ручные рамы и полуавтоматические или автоматические принтеры. В ручных или полуавтоматических установках припойная паста вручную размещается на трафарете и затем прожимается сквозь него на контактные площадки платы с помощью ракеля.

Автоматические установки работают без вмешательства оператора (тем самым существенно уменьшая возможность ошибки). Поскольку время нанесения пасты трафаретной печатью гораздо меньше времени установки компонентов на плату, современные установки (например, фирмы Samsung) имеют встроенные системы 2D-контроля качества, что позволяет осуществлять контроль непосредственно во время нанесения. Таким образом, отпадает необходимость дополнительного промежуточного контроля.

Расположение плат

Расположение платы на рабочем поле установки трафаретной печати целесообразно осуществлять диагонально. Только в этом случае обеспечивается равномерное нанесение пасты на контактные площадки 4-сторонней ориентации (например, для компонентов типа QFP). К тому же нужно отметить, что крепление платы осуществляется только по периферии, и в случаях, когда используются большие мультиплицированные заготовки, обеспечить достаточную жесткость системы «плата — трафарет» можно только за счет дополнительных опор. Встраиваемые в автоматические линии автоматы Samsung позволяют в автоматическом режиме в зависимости

от размеров платы и расположения компонентов установить дополнительные опоры в рабочей области из внешнего магазина.

Еще одной особенностью при трафаретной печати является вибрационное движение ракеля. Возвратно-поступательные колебания, обеспечиваемые приводом перемещения ракеля, позволяют исключить (или значительно снизить) вероятность проявления эффекта частичного заполнения апертюр трафарета. Кроме того, вибрационное движение ускоряет процесс нанесения пасты.

Типы ракелей

Общий вид составного ракеля показан на рис. 3. Износостойкость и твердость ракеля сильно влияют на качество нанесения припойной пасты (адгезива). В условиях массового производства состояние кромки ракеля подлежит тщательному контролю.

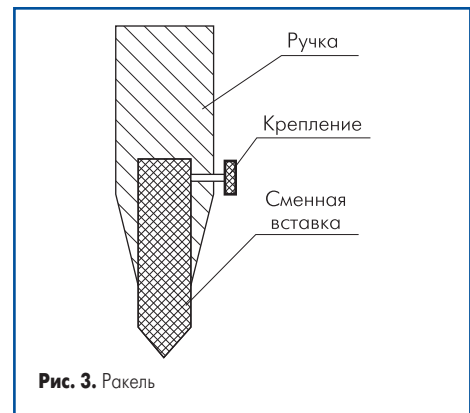


Рис. 3. Ракель

Для обеспечения высокого качества нанесения кромка ракеля должна быть острой и прямой.

Сила прижатия ракеля к трафарету также влияет на качество нанесения. Слабое прижатие может привести к пропускам либо к неровному заполнению апертюр трафарета припойной пастой. Чрезмерное прижатие приводит к вычерпыванию пасты из больших апертюр трафарета. Кроме того, может произойти вдавливание пасты между поверхностью трафарета и печатной платой. Проявление такого дефекта зависит от шероховатости мест среза материала в окнах трафарета (в случае механического изготовления трафарета).

На сегодняшний день европейские компании, работающие в данной отрасли (Samsung, Assemblion, Siemens и т. д.), используют два основных типа ракелей: полиуретановые и металлические.

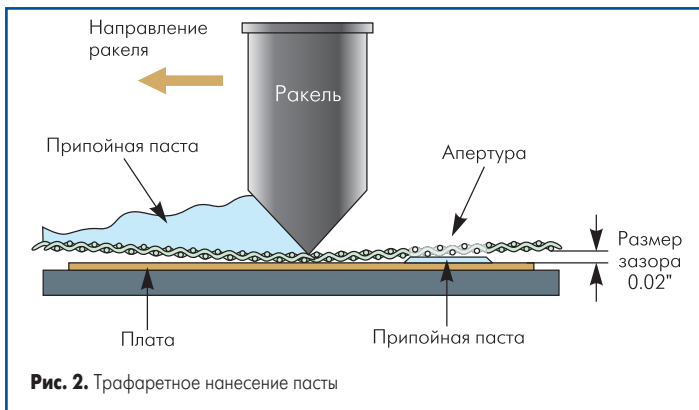


Рис. 2. Трафаретное нанесение пасты

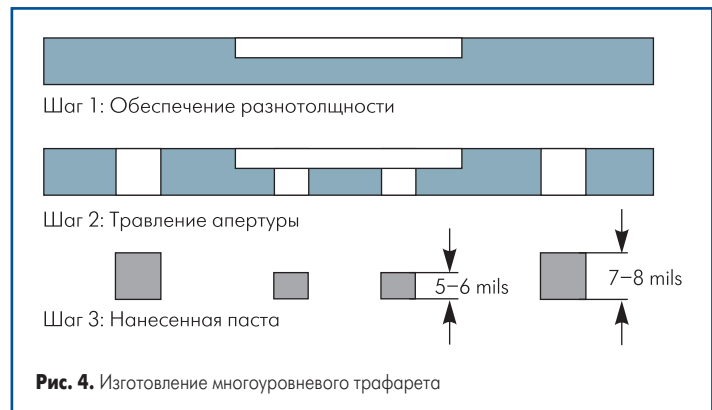


Рис. 4. Изготовление многоуровневого трафарета

По мере уменьшения шага выводов компонентов все большую популярность стали приобретать металлические ракеты. Их изготавливают из нержавеющей стали или латуни в форме клина с углом от 30 до 45°.

Благодаря отсутствию смены формы рабочей кромки во время нанесения пасты (благодаря высокой жесткости), металлические ракеты не вызывают вычерпывания пасты из окон трафарета.

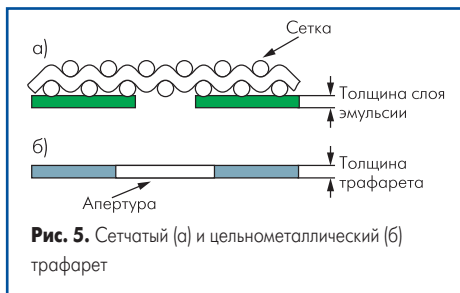
Однако стоимость металлических ракет гораздо выше полиуретановых, кроме того, они вызывают значительный износ трафарета.

Поскольку для различных компонентов требуется различное количество припойной пасты на контактных площадках платы, существует проблема подбора правильной толщины трафарета.

Для нанесения различного объема пасты на контактные площадки одной и той же платы поступают по-разному. Крупные фирмы производители используют трафареты сложной конфигурации (многоуровневые разнотолщинные трафареты — рис. 4). Остальные производители используют трафареты двойной толщины (система «трафарет на трафарете»). При использовании таких трафаретов паста наносится только каучуковыми (полиуретановыми) ракетами, кромка которых повторяет рельеф трафарета при нанесении.

Типы трафаретов

На сегодняшний день наибольшее распространение получили сетчатые (рис. 5а) и цельнометаллические (рис. 5б) трафареты.



Металлические трафареты используются в случае больших заготовок плат при условии массового выпуска. Сетчатые трафареты представляют собой натянутые на рамки мелкоячеистые сети (размер ячейки должен превышать размер частиц припоя).

Изготовление сетки трафарета осуществляется методами фотолитографии: после нанесения светочувствительной маски осуществляется экспонирование и проявление.

Важными параметрами металлического трафарета являются точность изготовления апертур и гладкость поверхностей.

На сегодняшний день существуют три основных способа создания трафаретов: химическое травление, лазерное вырезание, аддитивный способ.

Химическое травление трафаретов

Формирование окон в металлическом трафарете травлением называется химическим фрезерованием. На металлическую пластину наносят фоторезист с обеих сторон, экспонируют и проявляют его, после чего травят металл сквозь образовавшиеся окна. Поскольку



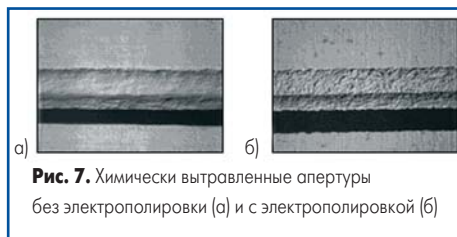
при травлении наружные кромки металла подвергаются травлению в большей степени, форма отверстия при одностороннем травлении приближалась бы в сечении к трапеции. Поэтому используют технику двустороннего травления, при которой погрешность формы кромки окна существенно уменьшается.

Пример химически вытравленных апертур шириной 300 мкм в стальном трафарете приведен на рис. 6.

Физическая природа процесса травления такова, что после травления кромка отверстия не получается гладкой. Существует ряд методов достижения требуемого качества кромки окна: метод электрополировки, гальваническое осаждение никеля.

Полировка всей поверхности трафарета может привести к тому, что шарики припоя в припойной пасте будут «отскакивать» от поверхности трафарета и образовывать пустую прослойку между поверхностью трафарета и кромкой ракеты. Поэтому стремятся полировать только кромки апертур. Нанесение никеля повышает качество нанесения пасты, однако слой никеля может существенно изменить размер апертур трафарета, что должно учитываться при его проектировании.

Срез трафарета, химически вытравленного техникой двустороннего травления, показан на рис. 7.



Лазерное вырезание трафаретов

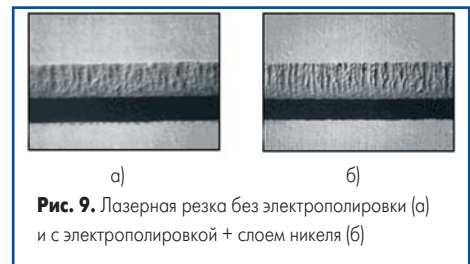
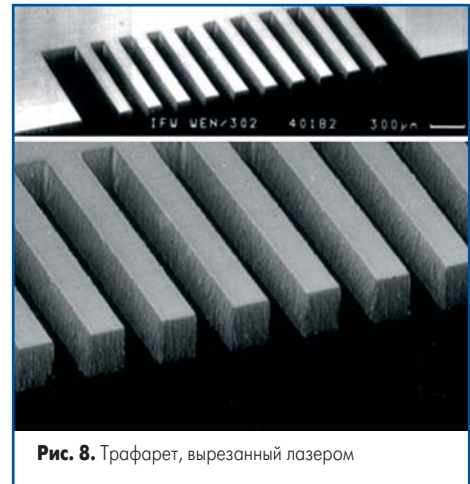
Лазерное вырезание, как и предыдущий метод, относится к субтрактивным способам формирования изделий, однако ему не присущ такой большой недостаток, как подтравливание материала.

Поскольку при изготовлении трафарета нет промежуточного создания фотошаблонов и последующих этапов литографии, точность размеров апертур гораздо выше, чем при использовании предыдущего метода.

Другим преимуществом лазерной резки является то, что стенки апертур можно сформировать в конической форме. Аналогичную форму апертур можно получить и химическим односторонним травлением, однако в этом случае угол будет почти неконтролируемым.

Для существенного облегчения нанесения припойной пасты достаточен клин боковых стенок апертур в 2°.

Пример, показывающий точность изготовления трафаретов лазерным вырезанием, приведен на рис. 8.



Способ лазерной резки позволяет вырезать апертур шириной 0,004" с точностью 0,0005", что делает этот способ перспективным при формировании апертур для компонентов с малым шагом. Признанным лидером в области оборудования для лазерной резки является компания Маре.

Недостатком лазерного изготовления трафаретов является (как и в предыдущем случае) неровность кромок апертур трафарета. Это явление возникает из-за испарения и окаливания металла в процессе резки. Это может вызвать закупоривание отверстий трафарета припойной пастой. Сглаживание кромок можно осуществить микротравлением.

Еще одним недостатком такого метода является то, что лазерной резкой невозможно получить многоуровневые трафареты без предварительного химического травления областей, которые должны быть тоньше основного материала трафарета.

Поскольку каждая апертюра трафарета вырезается отдельно, стоимость изготовления трафарета таким способом зависит от сложности топологии печатной платы и обычно значительно выше, чем травление.

Аддитивный способ изготовления (метод гальванопластики)

Третий способ изготовления трафаретов заключается в гальваническом осаждении никеля на гибкую подложку — медную фольгу.

На фольгу накатывается фоторезист, экспонируется и проявляется таким образом, чтобы проявленный рельеф повторял рисунок будущего трафарета (в месте расположения апертур трафарета фоторезист остается, в остальных удаляется при проявлении). Толщина используемой фольги 0,25".

Затем на полученную подложку осуществляется химико-гальваническое осаждение никеля. После достижения требуемой толщины

трафарета процесс осаждения заканчивается и производится смывка фоторезиста.

Ключевым этапом получения готового трафарета является отделение никелевого слоя от медной подложки. Этот процесс осуществляется изгибом меди, при котором никель начинает отслаиваться.

Процесс гальванического осаждения, как и метод лазерного вырезания, исключает подтавливание стенок апертур, что предотвращает забивку пасты под поверхность. Следовательно, уменьшается вероятность образования замыканий на печатных платах. Однако такая абсолютно вертикальная форма кромок апертур приводит к проблемам при снятии трафарета с платы, на которую нанесена припойная паста.

Брак нанесения пасты

Основными видами брака вызванного ошибками оператора при ручной трафаретной печати являются:

- неравномерное нанесение пасты (вызвано неравномерной силой прижатия ракеля к трафарету);
- смазывание пасты при отрыве трафарета от печатной платы;
- неполное заполнение апертур трафарета из-за загрязнения кромки ракеля пастой или использования просроченной пасты.

Выбор технологии

Основным аспектом изготовления трафарета является соотношение ширины минимального окна и толщины трафарета в этом месте (рекомендуется значение 1–1,5). Этот параметр выдерживается для предотвращения закупорки трафарета.

Также рекомендуется выдерживать определенное значение отношения площади окна трафарета к площади контактной площадки. Данный параметр рассчитывается по формуле (рис. 10):

$$P = \frac{\text{площадь апертуры}}{\text{площадь стен апертуры}} = \frac{L \times W}{2 \times (L+W) \times T}$$

В случаях, когда параметр P находится в пределах 0,75–0,66, рекомендуется лазерная резка (желательно с электрополировкой или нанесением слоя никеля). В диапазоне от 0,66 до 0,50 рекомендуется гальванопластическое изготовление трафарета. Такие компоненты как QFP с шагом 0,016 и µBGA с шагом 0,020, а также Chip-корпуса типоразмеров 0201 попадают в указанные диапазоны.

Таблица 1. Особенности методов изготовления трафаретов

Особенность	Химическое травление	Лазерная резка	Гальванопластика
Точность размеров	3	4	5
Гладкость стенок апертур	4	3	5
Контроль формы стенок апертур	3	4	5
Производительность	5	4	4
Прочность трафарета	5	5	4
Применимость для ultra fine pitch	3	4	5
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая

Система оценки: 5 — отлично, 4 — хорошо, 3 — плохо

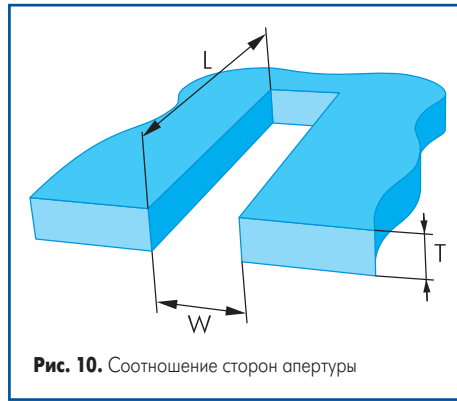


Рис. 10. Соотношение сторон апертуры

Брак трафаретной печати

При автоматической трафаретной печати брак чаще всего также возникает из-за погрешностей настройки оборудования:

- неверный подбор зазора между ракелем и трафаретом;
- неправильно подобранная скорость движения ракеля и т. д.


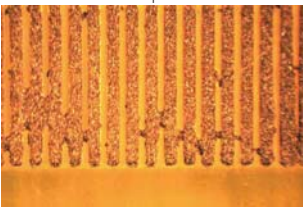
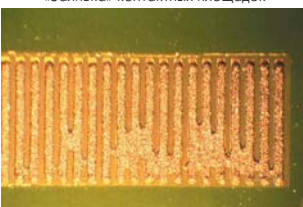
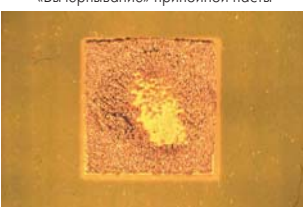
При трафаретном нанесении припойной пасты можно выделить шесть основных видов дефектов:

1. Дефект совмещения трафарета и монтажной платы. Ошибка совмещения апертур трафарета и контактных площадок платы не должна превышать 15% от минимального размера апертуры трафарета для контактной площадки минимального элемента платы.
2. Просадка пасты. Этот дефект может быть вызван неправильно подобранной вязкос-

тью припойной пасты. Рекомендуемая просадка пасты не должна превышать 15% минимального размера контактной площадки.

3. Неравномерность толщины нанесенной пасты. После нанесения пасты ее толщина должна колебаться в диапазоне $\pm 20\%$ от желаемой. Слишком тонкий слой материала может быть недостаточным для пайки компонента. Слишком толстый слой может привести к замыканиям контактных площадок платы.
4. Вычерпывание пасты из апертур трафарета. Такой дефект может быть вызван чрезмерной силой прижатия ракеля к поверхности трафарета, слишком мягкой кромкой ракеля. В результате уменьшается количество пасты на контактных площадках. Уменьшение пасты при вычерпывании не должно превышать 20% от расчетной высоты пасты.
5. Излишки пасты. Такой дефект может быть вызван недостаточной силой прижатия ракеля к поверхности трафарета или погрешностью геометрической формы кромки ракеля. Высота нанесенной припойной пасты с учетом этого дефекта не должна превышать расчетную более чем на 20%.
6. Наклон нанесенной пасты по отношению к монтажной плате. Величина наклона регламентируется следующим образом: разница максимальной высоты пасты и минимальной высоты не должна быть больше 20% желаемой высоты.

Таблица 2. Виды брака трафаретной печати

№	Вид брака	Причина возникновения	Устранение
1	Смазывание 	Смазывание происходит чаще всего либо на стадии отрыва трафарета от печатной платы, либо на стадии установки компонентов	При единичном браке — очистка контактных площадок и ручное диспенсорное нанесение пасты. При большой площади смазывания — полная очистка платы и повторное нанесение пасты.
2	Закоротки 	Дефект возникает из-за неравномерного прилегания трафарета к печатной плате, из-за ошибки при определении силы прижатия и скорости перемещения ракеля и из-за неравномерной толщины защитного покрытия платы.	В случае механического повреждения трафарета — его замена. При загрязнении трафарета — тщательная промывка. В остальных случаях необходим более точный подбор режимов нанесения или замена плат.
3	«Заливка» контактных площадок 	Чрезмерно велик зазор между печатной платой и трафаретом в локальных областях платы.	Регулировка зазора при трафаретной печати.
4	«Вычерпывание» припойной пасты 	Брак возникает при чрезмерном прижатии ракеля с полимерной рабочей кромкой к трафарету. При печати происходит продавливание кромки ракеля в апертуры трафарета и вычерпывание пасты.	До отделения трафарета: локальное нанесение пасты в апертуры трафарета. После отделения: ручное диспенсорное нанесение пасты.

Проведенный анализ способов нанесения пасты и изготовления трафаретов показывает целесообразность следующего применения этих методов:

- Диспенсорный метод нанесения пасты применим на участках прототипной и мелкосерийной сборки плат (низкая производительность).
- Трафаретная печать применима на крупносерийных и массовых участках. Помимо огромной производительности (десятки плат/ч против единиц плат/ч у диспенсорной), метод обладает высочайшей точностью нанесения (под платой подразумевается еврозаготовка размерами 240×160).

По технологии изготовления трафаретов можно обозначить следующие области применения:

- Травление трафаретов приемлемо для узлов широкого потребления и продукции не ответственного назначения.
- Гальванопластика также применяется для узлов широкого потребления. Качество нанесения и точность нанесения обычно ниже, чем у химически выфрезерованных трафаретов (за счет вертикальности стенок).
- Лазерное вырезание трафаретов применимо для всех электронных блоков. По качеству и точности нанесения эти трафареты превосходят предыдущие два.

Шаг 2. Установка компонентов

Установка поверхностно монтируемых компонентов гораздо проще установки традиционных, монтируемых через отверстия. Автоматизация процесса установки поверхностно монтируемых компонентов стала возможной благодаря структуре корпусов компонентов и особенно их выводов.

В зависимости от производительности можно выделить два основных типа установщиков:

- автоматы и полуавтоматы;
- ручные.

Ручная установка

Ручная установка SMD-компонентов (рис. 11) осуществляется вакуумными пинцетами. Сегодня рынок оборудования предлагает огромный выбор инструментов и насадок для ручной установки компонентов. Тем не менее, небольшие размеры корпусов и малый шаг между выводами сильно затрудняют установку интегральных компонентов типа

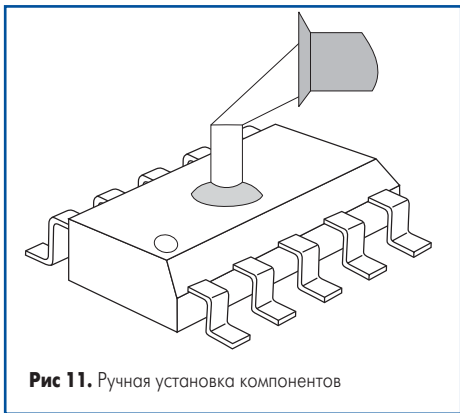


Рис 11. Ручная установка компонентов

QFP и BGA. Чаще всего вакуумным пинцетом устанавливаются пассивные компоненты и ИС с шагом выводов не менее 0,65 мм. Производительность ручной установки составляет порядка 300 компонентов в час.

Автоматическая и полуавтоматическая установка

Револьверные системы

Наиболее быстрыми типами установщиков являются системы револьверного типа. При этом высокая скорость установки компонентов берет верх над точностью установки и гибкостью переналадки. Такие машины обычно имеют неподвижную плату и перемещающиеся питатели и револьверную головку. Производительность может достигать 60 тыс. комп./ч. Данный тип оборудования ориентирован на компоненты, поставляемые в ленте, и используется для крупносерийных производств с малой номенклатурой.

Портальные системы

Для данного типа установщиков характерно неподвижное расположение плат и питателей и перемещающаяся установочная головка. Производительность достигает 30 тыс. комп./ч, но при этом точность установки компонентов достигает 0,05 мм. В отличие от предыдущего типа, эти установщики работают с широким диапазоном типоразмеров компонентов. Использование таких систем целесообразно для участков с модульным принципом построения, используемых при создании широкономенклатурных производств, что актуально для России.

Двойные блоки установочных головок

Традиционно в автоматах используется концепция сдвоенного блока установки: пока одна головка выполняет позиционирование и установку компонента на ПП, вторая осуществляет захват и центрирование компонента из питателя. Программное обеспечение системы управления оптимизирует этот процесс.

Некоторые автоматы содержат до 18 установочных головок. Их производительность достигает 96 тыс. комп./ч, однако такие системы не являются гибкими в переналадке.

Видеосистемы автоматов

В револьверных системах обычно осуществляется контроль и центрирование компонента при каждом повороте головки.

Для портальных систем характерно использование видеокамер высокого разрешения для каждой установочной головки. Для этого используются лазерные системы позиционирования или камеры нижнего просмотра. Типичные системы имеют станции центрирования: установочная головка подводит компонент к системе видеонаблюдения, затем, после центрирования, осуществляется перемещение в зону установки. Автоматы фирмы Samsung позволяют осуществить «центрирование на лету», то есть во время перемещения головки от места захвата к месту установки осуществляется центрирование компонента благодаря подвижной системе контроля. Такой метод позволяет существенно увеличить производительность автоматов и точность установки благодаря исключению «лишних» холостых ходов и вибрационных коротких перемещений (захват — центрирование — установка).

Интеллектуальные питатели

Назначение питателей автоматических установщиков заключается в подаче компонентов в зону захвата установочной головки. Питатели могут быть ленточными, пенальными, матричными или кассетными. Наиболее часто используются ленточные питатели.

Большинство портальных установщиков использует все возможные типы питателей. Автоматы фирмы Samsung имеют быстросменные питатели с системой автораспознавания и возможностью подготовки в режиме off-line (не установленными в автомат), а установщик автоматически распознает питатели с загруженными компонентами. Таким образом, смена питателей занимает всего несколько минут.

После установки комплекта питателей система управления автомата проверяет настройку. Оператор может удаленно (с помощью сетевого подключения) получить следующую информацию: какие компоненты используются в настоящий момент; штрихкод с номером партии; количественные данные, необходимые для планирования производственного процесса.

Компоненты с несимметричным расположением выводов

Ранее разъемы, силовые переключатели, колодки и т. д. устанавливались только вручную. Однако в современные автоматы поверхностного монтажа могут встраиваться специальные ленточные носители, матричные поддоны и специальные захваты с системами видеоконтроля. При этом дооснащение автоматов не требует значительных инвестиций.

Точность установки

Системам с большим количеством установочных головок традиционно присущи большие вибрации. При этом рабочий ход одной из головок может вызывать незначительные перемещения остальных. В то же время, вся система должна сохранять устойчивость в течение выполнения всего процесса установки, начиная с распознавания реперных знаков и заканчивая установкой таких компонентов как 0201 или fine-pitch. Чтобы предотвратить подобные смещения большинство автоматов имеет повышенную массу основания и подвижных элементов системы перемещения для исключения случайных смещений. Компания Samsung разработала современные облегченные конструкции автоматов портального типа, работающих на больших скоростях захвата и установки компонентов. Конструкция машин такова, что уменьшается инерционность подвижных элементов, а соответственно и исключаются вибрационные удары, влияющие на точность установочных головок.

Программное обеспечение

Наиважнейшим требованием к программному обеспечению управления установщика является простота настройки автоматов и возможность создания рабочих программ в режиме off-line. Обычно данное ПО базируется на операционной системе Windows.

Отличительной особенностью ПО компании Samsung является возможность программирования автоматов установки на следующую партию изделий во время обработки те-

кущей. Это позволяет свести к минимуму время переналадки элементов линии и простоя оборудования.

Автопроверка управляющих программ

Около 80% ошибок на этапе установки компонентов возникает при вводе новых данных в режиме on-line. Однако современные установщики могут быть интегрированы в сеть. В случае возникновения сбойной ситуации можно переслать проблемные файлы в службу технической поддержки. Это позволяет исключить время для выезда сервисного инженера компании-производителя. Кроме того, автоматы Samsung в автоматическом режиме выполняют корректировку сбойных программ управления, исключая простой оборудования из-за незначительных ошибок, в то время как другие установки требуют полной регенерации процесса.

Последующая модернизация оборудования

При оснащении производства новым оборудованием важно знать, какое оборудование может понадобиться в будущем. Поскольку обычно такой информации нет в момент подбора оборудования, необходимо решение, которое позволило бы в дальнейшем без значительных затрат перестроить весь технологический процесс (и при этом часть уже купленного оборудования не стала бы бесполезной). Такое решение предлагает компания ООО «Электрон-Сервис-Технология»: модульные машины с дополнительными аксессуарами, встраиваемые в автоматические линии, и универсальное ПО с технологией Plug-and-Play.

Например, при дооснащении линии дополнительными установщиками важно, чтобы уже купленные питатели подходили к новому автомату и ПО линии было совместимо с системой управления нового модуля. Другими словами, приобретение новых машин сохранит первоначальные инвестиции. Можно начать оснащение производства с одного автоматического установщика и затем приобретать новые, устанавливая их параллельно/последовательно и увеличивая производительность. Гибкость ПО Samsung позволяет, раздвинув линию и установив новый модуль, сразу начать работу без какой-либо механической переналадки оборудования.

Экономическое обоснование

Одним из наиболее важных факторов при выборе оборудования является цена. Однако нужно внимательно относиться к предлагаемому вам оборудованию. Необходимо остерегаться «больших покупок» оборудования, не включающих обучения, запасных частей, периодического обновления ПО и т. д. Начальная цена может быть низкой, но в процессе эксплуатации выяснится, что большинство необходимых для работы элементов системы должны приобретаться опционально. Затраты на опции могут превышать стоимость самой системы!

Как только выбор сделан, необходимо проверить оборудование на реальном изделии. «Золотая плата» или «Стеклоплатная» для проверки совмещения не могут быть приняты как единственное и достаточное доказательство возможностей оборудования.

Наконец, поставщик должен обеспечивать длительную и адекватную поддержку выбранного оборудования. С учетом постоянно меняющейся экономической ситуации фирма-поставщик должна быть жизнеспособна и выполнять поддержку как старых, так и новых моделей оборудования. Рассмотрение всех вышеприведенных особенностей автоматических систем оборудования приведет к выбору лучшего поставщика.

Полуавтоматические системы принципиально отличаются от автоматов отсутствием привода установочной головки — перемещение осуществляет оператор. Автоматизация процесса заключается только в запоминании управляющим устройством координат установки каждого компонента и в блокировке перемещения манипулятора в заданных точках. Такой принцип установки удобен в мелкосерийном производстве и лабораторных условиях. Производительность установки компонентов в этом случае достигает 700 комп./ч.

Выбор установщика

Современные электронные модули содержат наряду с большими корпусами микросборок такие миниатюрные компоненты, как CSP, QFP, µBGA и т. д. Кроме того, необходимо устанавливать и такие Chip-компоненты, как 0201, что невозможно без смены инструмента. Обычно в сборочных линиях используют последовательную комбинацию автоматических установщиков: один устанавливает Chip-компоненты, другой — fine-pitch. Количество тех или иных автоматов в технологической цепочке зависит от требуемой производительности.

Современные автоматы фирмы Samsung имеют производительность до 200 тыс. комп./ч.

Нужно отметить, что в условиях развития отечественной промышленности наиболее целесообразно оснащать автоматические участки встраиваемыми в автоматические линии универсальными установщиками фирмы Samsung

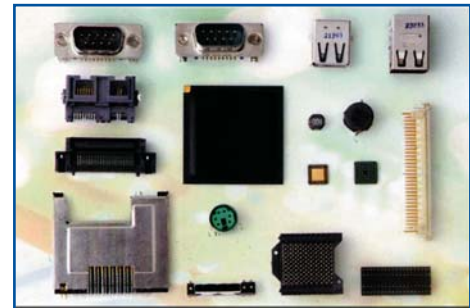



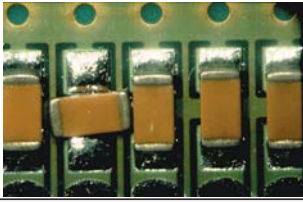

Рис. 12. Компоненты, устанавливаемые в автоматическом режиме

(при этом можно даже не дробить процесс установки на разные автоматы). Предлагаемые автоматы настолько универсальны, что даже с учетом времени на автоматическую смену инструмента их производительность вполне достаточна для серий отечественных производств. Имея невысокую закупочную стоимость (в своем классе), эти машины обеспечивают минимальную себестоимость установки компонентов на плату и работают с такими типоразмерами компонентов, как 0201 (которые просто невозможно установить вручную). Помимо этого, автоматы (например, CP45F) позволяют устанавливать некоторые типы монтируемых через отверстия компонентов (рис. 12).

Использование полуавтоматических установщиков целесообразно в лабораториях и исследовательских участках, то есть там, где требуется выполнение малых объемов сборочных работ. Типичное мнение о достаточности полуавтоматов для изготовления прототипов является ошибочным, так как в настоящее время существует ряд типоразмеров компонентов, не поддающихся ни ручной, ни полуавтоматической установке. При этом, такие компоненты становятся неотъемлемой частью современных электронных модулей.

Окончание следует

Таблица 3. Брак установки компонентов

№	Вид брака	Причина возникновения	Устранение
1	Разрушение компонента 	Разрушение корпуса возможно при неточной регулировке высоты захвата и установки компонентов автоматическими и полуавтоматическими системами. При двустороннем монтаже брак может возникнуть из-за неаккуратного размещения платы на этапе трафаретной печати или установки компонентов. Дефект может быть невидим до конца оплавления пасты.	Регулировка систем установки компонентов и аккуратное размещение плат двустороннего монтажа в рабочих областях оборудования.
2	Неправильное расположение 	Дефект возникает из-за ошибки программирования автоустановщиков компонентов либо из-за движения компонента на присоске во время перемещения установочной головки.	1. Исправление программы установщика 2. Снижение давления в откатной системе установщика.
3	Изгиб выводов компонентов 	Причина дефекта заключается в неверной настройке высоты захвата/установки компонентов в автоустановщиках. Кроме того, возможно отсутствие центрирования присоски относительно корпуса компонента.	Регулировка оборудования.