

Селективная пайка лазером. Поворотный момент в технологии

Факт применения селективной пайки при монтаже компонентов не только влияет на выбор системы, но и приводит к необходимости принятия множества решений, определяющих выбор наиболее подходящей технологии. Селективная пайка нашла широкое применение, когда получили распространение технологии поверхностного монтажа. В таких условиях число штыревых компонентов недостаточно: монтируются в основном SMT-компоненты с последующей пайкой в печи оплавления припоя. Технологические решения для автоматизированной селективной пайки ограничены пайкой волной припоя с использованием маски, капельной пайкой или роботизированной селективной пайкой (мини-волна, паяльник, лазер).

Дарио Гоззи (Dario Gozzi)
Перевод: Валерий Русанов

rusanov.valery@gmail.com

Внедрение селективной пайки — это, скорее, выбор процесса, нежели оборудования. Каждый метод селективной пайки уникален и нуждается в специальном подходе, в том числе — в специальных инструментах. Необходим общий взгляд на конечный продукт, который нужно получить, а также глубокое понимание всего процесса производства.

Процесс и материалы

Когда встает проблема выбора технологии, возникает несколько основных вопросов: какими предполагаются размеры платы, контактной площадки и вывода элемента? Как известно из опыта, пайка усложняется при увеличении количества слоев печатной платы, когда контактные площадки соединяются с «землей», когда на плате есть теплоемкие компоненты или компоненты, из-за особенностей конструкции работающие как теплоотводы. Если же речь идет об автоматических роботизированных системах, необходимо учитывать такие параметры, как форма контактных площадок и особенно размер пояса, на котором образуется капля расплавленного припоя при пайке.

Есть и другие критические факторы, влияющие на формирование паяного соединения: например, соотношение размеров пояса, отверстия и вывода компонента, форма вывода компонента и длина вывода, выходящего с противоположной стороны платы. Припой затекает в отверстие благодаря капиллярному эффекту. Следовательно, если диаметр вывода слишком мал или велик относительно размера отверстия (не соответствует стандартной пропорции), можно ожидать проблем с затеканием припоя в зазор. Если вывод слишком длинный, тепло концентрируется на его конце, в то время как с другого конца оно рассеивается корпусом элемента. В таком случае припой стекает к наиболее горячей зоне и концентрируется на конце вывода. Если вывод, напротив, слишком короткий, соединение может быть слабым.

Параметры пайки — неотъемлемая часть процесса вместе с температурным профилем и его контролем.

Профиль должен быть настроен для наилучшего формирования соединения, он основывается на параметрах платы и компонентов. При этом необходимо помнить, что чрезмерный нагрев может негативно влиять на металлургические характеристики и вызвать отслаивание контактных площадок. Неправильный профиль также может вызвать появление пор из-за внедрения флюса в пайку. Если руководствоваться принципом лорда Кельвина «контролировать можно только измеренное», то использование пирометра помогает контролировать процесс пайки и устанавливать правильный температурный профиль для каждой пайки при программировании.

Так как селективная пайка производится после других тепловых процессов (чаще всего пайки оплавлением), важно учитывать возможность деформации платы, особенно для тех плат, толщина которых меньше 1,6 мм. Такая проблема актуальна для групповых заготовок или очень больших плат. Она решается при помощи датчика коробления, который позволяет системе вносить изменения в программу для приведения воздействия на плату в соответствие с реальной формой платы. На плату могут устанавливаться очень легкие компоненты для штыревого монтажа, поэтому системы, обеспечивающие позиционирование и вставку в отверстия, должны быть спроектированы так, чтобы исключить любые резкие движения, которые могут стряхнуть компоненты. В любом производственном процессе производительность является важным фактором. В случае селективной пайки производительность должна быть рассмотрена не только как количество паяных соединений за единицу времени, но и как скорость смены платы на установке и минимальные требования к обслуживанию. Так будет обеспечена максимальная пропускная способность, а время простоя аппарата будет сведено к минимуму.

Материал основания важен для успешной реализации производственного процесса, но еще важнее материал покрытия контактных площадок и выводов компонента. Органическое финишное покрытие бес-

печивает наименьшую производительность из-за сложности соединений Ni-Au. Покрытие оловом является наиболее предпочтительным. Оловянно-свинцовые припои (наиболее часто используются припои с соотношением Sn/Pb 60/40 и 63/37) хорошо изучены, и их поведение предсказуемо. Бессвинцовые припои все еще обладают неизвестными свойствами, хотя их основные характеристики известны. Припои, одинаковые по составу, но от разных производителей, при идентичных условиях ведут себя по-разному, а если условия процесса меняются, совершенно расходятся по характеристикам. Каждый производитель соединяет проволоку припоя с флюсом, обладающим своими особенностями, в разных процентных соотношениях, что и приводит к различиям при пайке. Разница хорошо заметна по загрязнениям, то есть чистоте платы в конце процесса.

Система для пайки

Роботизированная система селективной пайки является наиболее совместимой с методиками производства, применяемыми в Западной Европе. Пайка с использованием маски и родничковая пайка хорошо подходят для больших объемов производства, когда стоимость закрепления и маски невелика по сравнению со стоимостью партии. В современных системах используется родничковая мини-волна с держателем для платы, движущийся паяльник с питателем для проволочного припоя или лазерный луч, фокусирующийся на центр контактной площадки, которые расплавляют проволоку припоя. Из вышперечисленного индукционная пайка применяется реже других.

В системах подобного типа особенно важно, чтобы использовался координатный стол. Это позволяет обеспечить высокую точность и повторяемость. Паяющая головка должна перемещаться максимально свободно для обеспечения возможности работы в любом сложном случае. Как для пайки мини-волной, так и для пайки проволочным припоем важно, чтобы насадка легко заменялась и не мешала пайке, если плотность расстановки элементов на плате высока. Если применяется проволочный припой, система подачи может привлекать к себе особенно много внимания из-за разности диаметров проволоки припоя, а также из-за того, что ее расположение должно быть как можно ближе к месту пайки. Облегчить процесс может пирометр, способный делать точечные измерения с высокой частотой. Микрокамеру можно использовать для разных целей: для ручного задания места пайки, выравнивания по контрольным точкам при автоматической пайке и съемке процесса формирования паяного соединения при настройке оборудования.

Программное обеспечение связывает все подсистемы паяльного автомата воедино. Оно должно быть максимально простым при настройке и работе. Это делает систему удобной в использовании даже для не специалистов по автоматизации. Среди необходимых возможностей должен быть импорт данных из САПР печатных плат или Gerber-файлов.

В таком случае система сама автоматически подсчитает необходимое количество припоя, определит нужную мощность лазера исходя из теплоемкости элементов, а также определит время, которое потребуется не только на оплавление припоя, но и на смачивание и затекание в зазор. Преимуществами для специалиста являются хорошее понимание процесса и возможностей системы, находящейся в его распоряжении. Знание теоретических принципов пайки и умение «чувствовать» процесс делают возможным получение наилучших результатов. Должны быть налажены близкие рабочие связи между персоналом, обслуживающим установку, и службой поддержки компании — производителя оборудования. Это позволит при необходимости получить квалифицированную помощь.

Важным фактором является и среда, в которой функционирует оборудование. Кроме контроля чистоты и влажности воздуха (высокая влажность и пыль никогда хорошо не влияют на процесс пайки), особое внимание должно быть уделено температуре, при которой работает оборудование. Например, если настройка производилась жарким летним днем, то параметры окажутся некорректными, если оборудование запустят холодным зимним утром, когда температура в помещении ниже. Платы, поступающие в установку, будут иметь температуру, отличающуюся от предусмотренной настройками оборудования, что исказит температурный профиль. Движущиеся части установки также окажутся в неблагоприятном состоянии, особенно пластиковые ремни, огрубевшие с понижением температуры, или узлы, смазанные машинным маслом.

Система селективной пайки лазером

С началом использования твердотельных лазеров стало возможным создание современных систем лазерной пайки, которые отвечают всем требованиям, предъявляемым к установкам подобного назначения. Пайка лазером была разработана благодаря его способности фокусировать мощный луч лазера точно на место пайки, не затрагивая диэлектрическое основание и расположенные рядом компоненты (даже если используются бессвинцовые припои с более высокой температурой плавления). Компания Seica разработала Firefly — систему селективной пайки лазерным лучом с высокими эксплуатационными характеристиками (рис. 1). Среди множества операций, которые производит Firefly, — пайка любых штыревых компонентов, а также компонентов особой формы. Получая данные из САПР (рис. 2) или Gerber-файлов (данные также могут быть введены вручную оператором), специальный алгоритм для каждого места пайки автоматически определяет температурный профиль, размер пятна лазера и объем припоя (выраженный через длину проволоки припоя). Температурный профиль состоит из трех фаз:

- Применяется мощность, необходимая для прогрева вывода компонента и контактной площадки, проволока припоя подносится к месту пайки.



Рис. 1. Установка для селективной пайки лазером Seica Firefly

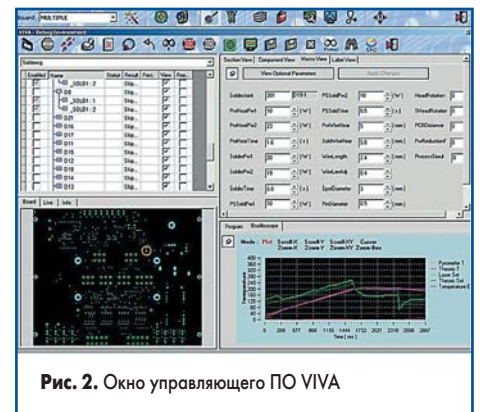


Рис. 2. Окно управляющего ПО VIVA

- С применением более высокой мощности припой оплавляется, флюс смачивает поверхность, удаляются оксидные пленки, а затем расплавленный припой смачивает контактную площадку и затекает в зазор, образуя галтель с противоположной стороны платы (рис. 3).
- Мощность уменьшается до величины, необходимой для поддержания припоя в расплавленном состоянии, чтобы закончить смачивание.

Так как каждая контактная площадка имеет свой показатель теплоемкости, для нее должен быть рассчитан свой температурный профиль. Как и в других установках для теплового воздействия, температурный профиль характеризуется изменением мощности и времени воздействия на протяжении всех трех фаз. Теплоемкость каждого соединения опре-



Рис. 3. Пайка, выполненная лазером



Рис. 4. Направляющие для головки и держатель платы

деляется количеством и формой дорожек, соединяющихся в месте пайки. Если работа идет над многослойной печатной платой, рассеивание тепла может резко меняться от раза к разу из-за возможных соединений контактных площадок со слоями металлизации (питание, «земля»). Головка — основной элемент системы. Она содержит лазерный объектив, питатель для припоя, камеру, пирометр и датчик коробления. Дополнительно может быть установлена система подачи горячего воздуха для подогрева места пайки. Шестидесятиваттная лазерная установка расположена в задней части системы. Лазерный луч, проходя по световоду из оптоволокну, фокусируется в месте пайки объективом и направляющими (рис. 4).

Дозатор припоя может держать пятисотграммовую катушку с припоем в проволоке разных диаметров (0,5; 0,7 или 1 мм). Подача припоя контролируется системой с обратной связью, получающей информацию при помощи сенсоров. Головка целиком может поворачиваться более чем на 180°. Это позволяет изменять угол пайки, а также обеспечить вращение системы пайки для полного смачивания, если паяется большая контактная площадка. Также присутствует возможность перемещения головки по оси Z, то есть высота пайки может быть разной для каждого соединения. Так могут быть припаяны компоненты, находящиеся на разных уровнях на плате.

Оценка процесса

Если сравнивать лазерную пайку с другими способами, ее преимуществом будет точная и повторяемая доза передачи тепла. Так как данная технология является бесконтактной, то процесс формирования соединения не деформирует плату и не создает механических нагрузок на компоненты. В отличие от автоматической пайки паяльником лазерная пайка не приносит загрязнения в место пайки. Так как пятно лазера изменяется программно, нет необходимости менять насадки для разных размеров контактных площадок,

как это необходимо при пайке мини-волной. Кроме высокого уровня гибкости при выборе процесса, лазерная пайка обеспечивает стабильное качество на протяжении всего времени производства. Это позволяет охарактеризовать ее как наиболее подходящую для бессвинцовых припоев (без использования инертных газов) из всех технологий, представленных на рынке. Работа с припоями, содержащими свинец, возможна без всяких трудностей: нужно лишь изменить температурный профиль.

Примерная производительность установки — 1,2 с на 1 пайку. Но, обращаясь к вышесказанному, неправильно было бы называть эту величину окончательной (на практике можно использовать как большие, так и меньшие величины), так как скорость пайки зависит от множества факторов, которые связаны с особыми характеристиками каждого конкретного продукта. Определенно можно сказать об отсутствии механических и тепловых (только малые части платы подвергаются термоциклированию) нагрузок при пайке, напряжений, вызванных перемещением платы (нет рамок и держателей) и проблем с электромагнитной совместимостью.

Примечание. Оригинал статьи опубликован в журнале EPP Europe № 10 `2008, стр. 32.