

«Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов»

Материалы курса



Тема 7. СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ - ВЫВОДНОЙ МОНТАЖ

СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Сборка электронного модуля состоит из механического соединения деталей и электронных компонентов в последовательности, обеспечивающей их требуемое расположение и взаимодействие для обеспечения установленных технических требований. В состав электронного модуля входят печатная плата и размещенные на ней электронные компоненты, детали конструкции, все чаще в состав электронного модуля входит программное обеспечение. Печатная плата является деталью конструкции модуля. Она выполняет функции носителя компонентов и крепления электрических проводников. Пайка обеспечивает механическое соединение компонентов модуля с платой и электрический контакт компонентов с проводящим рисунком. В сборку модуля также входят следующие операции: отмывка платы от остатков флюса и покрытие защитным лаком.

ПАЙКА

Соединение двух деталей с помощью легкоплавкого сплава называют пайкой. В отличие от сварки расплавление соединяемых деталей не происходит, процесс пайки больше похож на склеивание деталей, где в качестве клея выступает разогретый припой – сплав, имеющий достаточно низкую температуру плавления. Пайка является основным способом создания неразъемного соединения компонентов с проводниками платы. Для хорошего соединения пайкой поверхности деталей подготавливаются с помощью нанесения флюса. Детали в области пайки разогреваются паяльным оборудованием до температуры, выше температуры расплавления припоя. Припой растекается по поверхности и вытесняет флюс. Происходит смачивание

соединяемых поверхностей. Образуется сплавная зона при диффузии припоя и поверхностей соединяемых деталей.



Пайка вывода компонента.

Если площадь проводящей дорожки платы велика или происходит пайка вывода массивного компонента, то времени на нагрев области пайки может потребоваться больше. Для таких паяк нужно применять паяльник большей мощности. Иначе сплавная зона не образуется и произойдет “холодная” пайка, дающая плохой электрический контакт.



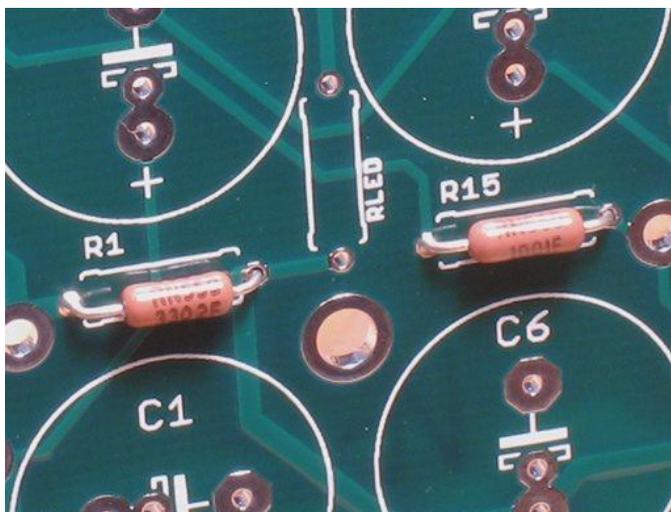
“Холодная” пайка.

Если смачивание происходит недостаточно, то припой сначала покрывает поверхность, а затем собирается, образуя бугры и оголяя контактную площадку на плате. Это может быть вызвано ухудшением свойств флюса, неправильным выбором температуры пайки, загрязнением поверхностей или выделением паров растворителя флюса.



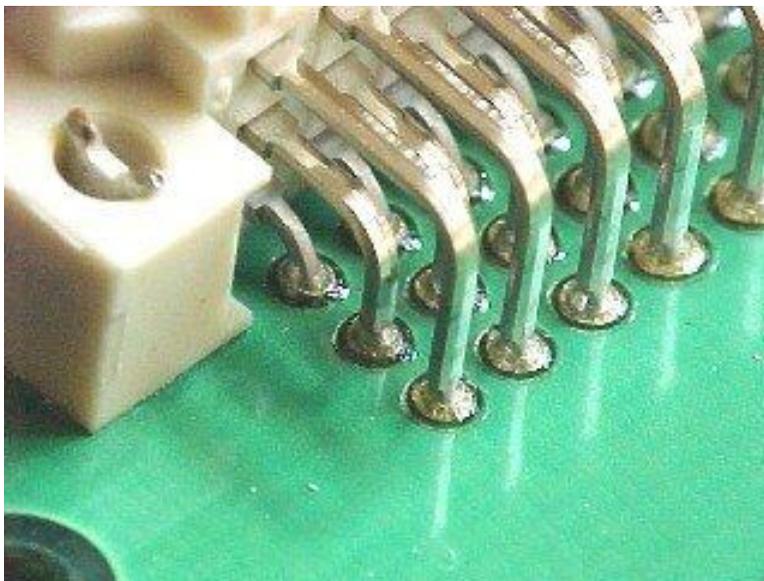
Плохое смачивание припоем вывода компонента.

ВЫВОДНОЙ МОНТАЖ



Участок модуля смонтированного по технологии выводного монтажа. Компоненты установлены на плате по варианту I, без зазора.

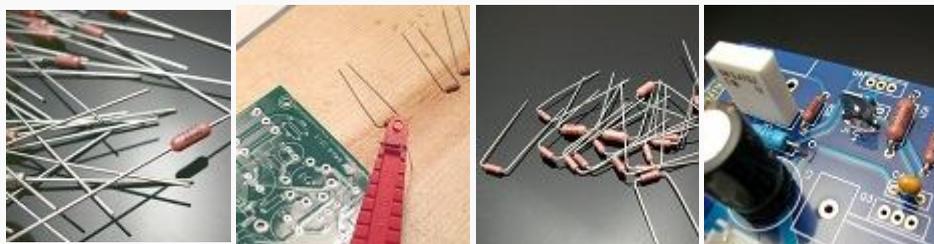
Сборку электронного модуля установкой компонентов с выводами в отверстия печатной платы и последующей пайкой называют выводным монтажом. Такой тип монтажа – прародитель современных технологий производства электронных модулей. Выводной монтаж появился одновременно с печатными платами. Появление сборки с применением печатных плат в дальнейшем позволило автоматизировать проектирование и производство электроники. Сейчас выводной монтаж отходит на второй план, отступая перед монтажом планарных компонентов, но остаются категории электронных приборов, где выводной монтаж доминирует над другими технологиями. Это силовая электроника, источники питания, высоковольтные модули и другие.



Разъем, смонтированный на плате.

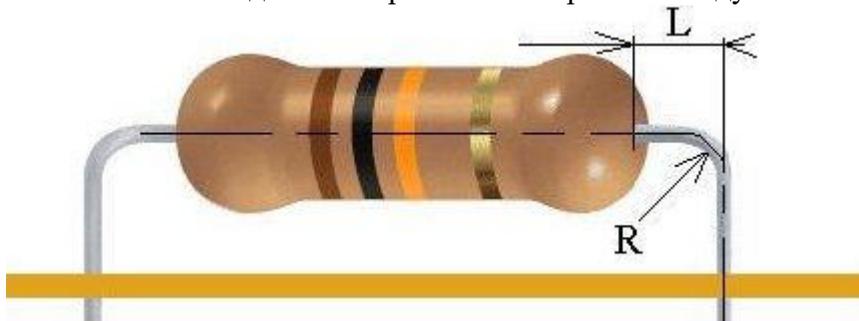
Существуют компоненты, не имеющие аналогов в планарном исполнении – разъемы, реле, трансформаторы для которых сборка может быть выполнена только с использованием технологии выводного монтажа.

Подготовка компонентов к монтажу нужна для выравнивания гибких выводов компонентов. Формовка производится таким образом, что расстояние между концами выводов компонента соответствует его месту установки на плате и обеспечивается требуемое расстояние между платой и компонентом. Форма выводов компонентов зависит от варианта установки.



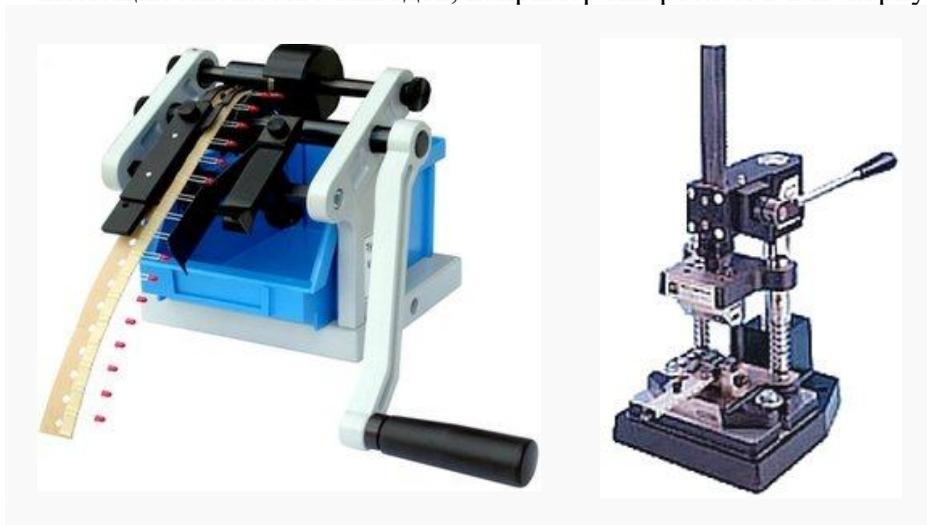
Выводы компонентов формируются и устанавливаются на плату. Формовка гибких выводов не должна их повреждать, нарушать покрытие выводов, изгиб недопустим в точке соединения вывода с корпусом и производится только на расстоянии не менее допустимого. Способ формовки должен исключать поворот вывода относительно корпуса компонента. Должна быть обеспечена сохранность стеклянных изоляторов между выводом и металлическим корпусом компонента.

Простые ограничения двух размеров R и L описывают допустимую форму изгиба вывода компонента происходящем при формовании. Радиус R изгиба вывода зависит от диаметра вывода и составляет минимум два диаметра вывода. Наименьший зазор между точкой входа вывода в корпус компонента до вертикальной оси отформованного вывода L находится в диапазоне 1...4 мм и зависит от типа корпуса компонента. После формовки на выводах не должны появляться деформации и утончений. Соблюдение приведенных простых правил способствует сохранности компонентов и надежности работы электронных модулей.



Размеры формованного вывода компонента в корпусе с осевыми выводами. Компонент установлен по варианту II, с зазором между корпусом компонента и печатной платой.

Длина вывода от корпуса компонента до области пайки должна превышать 2,5 мм. Запрещается формировать жесткие выводы мощных транзисторов, диодов средней и большой мощности. Запрещается формировать выводы компонентов в корпусах, имеющих множество выводов, например микросхем в DIP корпусе.



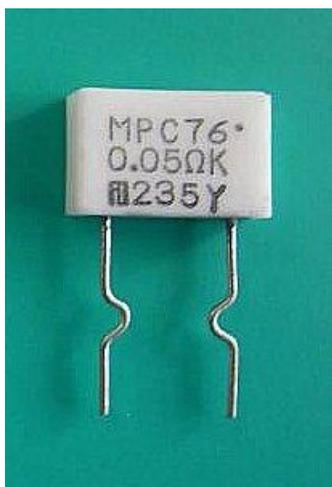
Ручное формовочное оборудование.

Операцию формовки проводят на ручных приспособлениях или автоматических установках. Формовочные полуавтоматы могут выполнять рихтовку, зачистку и подрезку выводов. Полуавтоматы могут контролировать электрические параметры компонентов, производить укладку компонентов в технологические кассеты.

Варианты установки выводных компонентов на печатную плату.

Вариант I – нет зазора между корпусом компонента и платой. Этот вариант хорошо подходит для установки компонентов на

одностороннюю плату. Проводящий рисунок расположен на противоположной стороне от компонентов, что исключает контакт корпуса компонента и проводящего рисунка. Сокращение длины выводов компонентов снижает восприимчивость к электромагнитным помехам и снижает излучение собственных помех в эфир. Компоненты хорошо выдерживают вибрацию. Высота модуля снижается. Улучшается охлаждение компонента благодаря передаче тепла плате, что повышает надежность. Недостатком этого варианта установки является сложность отмывки модуля от флюса, обеспечение изоляции компонента от проводящего рисунка в случае двусторонней платы.



Формовка выводов, обеспечивающая зазор между платой и корпусом компонента.

Вариант II – между платой и корпусом компонента зазор. Применяется для двусторонних плат. Этот способ установки способствует удалению излишков флюса отмывкой, снижается нагрев микросхем при пайке. Возможно повреждение контактной площадки на односторонней плате при нагрузке на компонент сверху.

Вариант III – вертикальная установка. Компоненты с осевыми выводами располагаются плотнее. Такой вариант снижает технологичность, повышается вероятность замыкания между выводами, возрастает высота модуля. При вертикальной установке компонентов угол наклона компонента относительно вертикальной оси не должен превышать 15° .

Установка компонентов должна облегчать чтение маркировки. Особенно важно предусмотреть чтение маркировки полярности. Максимальное облегчение чтения маркировки облегчает контроль монтажа.

Сборка электронных модулей с применением выводных компонентов может производиться вручную или с помощью специального автоматического оборудования.

Качество пайки выводного компонента зависит от зазора между выводом компонента и стенками металлизированного отверстия. Зазор должен обеспечивать капиллярность, способствующую втягиванию припоя в полость между выводом и стенками отверстия и обеспечивать проникновение флюса, выход газов при пайке. Оптимальным зазор от 0,3 до 0,4 мм при использовании свинцовых припоев и 0,5 мм при использовании бессвинцовых припоев для плат толщиной от 1 до 3 мм с отверстиями диаметром от 0,6 до 1,2 мм.

Ручной выводной монтаж модулей целесообразно использовать в следующих случаях: применение автоматического оборудования невыгодно из-за малого объема заказа или сборки нескольких макетных образцов модулей, платы не подходят для автоматизированного монтажа, при окончательном монтаже выводных элементов после автоматического монтажа. Сегодня электроника находится на уровне развития не позволяющем полностью отказаться от ручных операций монтажа. Монтажник тщательно проверяет внешний вид каждого компонента перед установкой. При необходимости выполняется очистка выводов от окислов и лужение выводов. Есть возможность придания выводам каждого компонента, формы наиболее оптимальной для установки

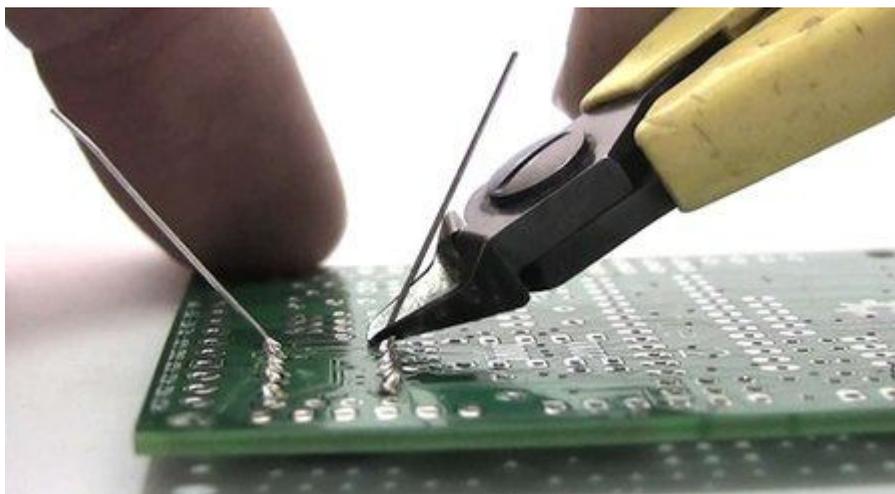
на плате, обусловленной конструкцией электронного модуля. Ручная формовка позволяет придать форму выводам компонентов, облегчающую чтение маркировки.

Некоторые рекомендации при ручной пайке. При монтаже следует использовать паяльник с предварительно луженым жалом. В зависимости от массы компонента и ширины дорожки на прогрев области пайки может понадобиться от доли секунды до двух секунд. При использовании трубчатых и припоев в виде проволоки пайка осуществляется с двух рук. Для получения наилучших результатов следует придерживаться следующей последовательности действий. Для предварительного прогрева соединяемых поверхностей коснитесь одновременно жалом паяльника контактной площадки платы и вывода компонента. Припой, находящийся на жале паяльника, нанесенный при лужении жала, способствует передаче тепла благодаря большей площади соприкосновения жала с областью пайки.



Пайка паяльником с двух рук.

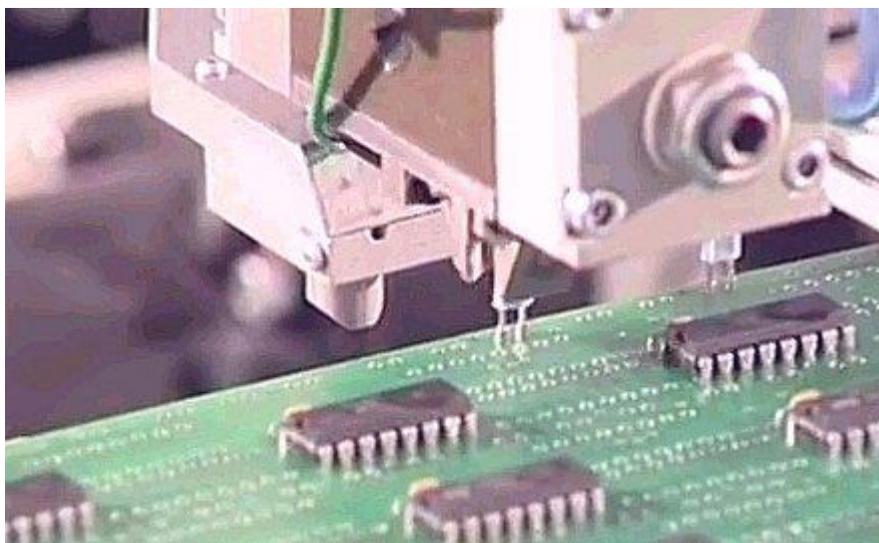
Поднесенная к области пайки трубка припоя с флюсом позволит перенести плавящийся припой в область пайки. Это потребует около половины секунды. Если припой подать на жало, то флюс будет преждевременно выгорать. Уберите трубку припоя из паяемого соединения, а затем уберите паяльник. Вся операция должна занимать от половины до двух секунд в зависимости от параметров паяльника и смачиваемости припоем соединяемых поверхностей. Увеличение времени операции и повышение температуры паяльника могут привести к увеличению остатков флюса, пайка может оказаться хрупкой. После пайки выполняется обрезка выводов.



Обрезка выводов компонентов после ручной пайки.

Автоматическая сборка выполняется с помощью специального оборудования двух видов: установщики компонентов и автоматы для пайки. Преимущества автоматического монтажа плат: надежность, снижение себестоимости, высокая точность, скорость, монтаж миниатюрных элементов, автоматический контроль. Автоматы позволяют производить переналадку производственных линий благодаря программированию. Качество автоматического монтажа, а так же его стоимость, при применении

автоматизированных устройств во многом обеспечивается на этапе проектирования. Современные технологии позволяют располагать компоненты с минимальным расстоянием друг от друга, до долей миллиметра, но это не всегда оправдано. Маленькие расстояния затрудняют ремонт, а так же контроль компонентов и паяных соединений. Установка компонентов осуществляется с применением специальных монтажных автоматов, осуществляющих еще и подрезку, подгибку с обратной стороны платы.



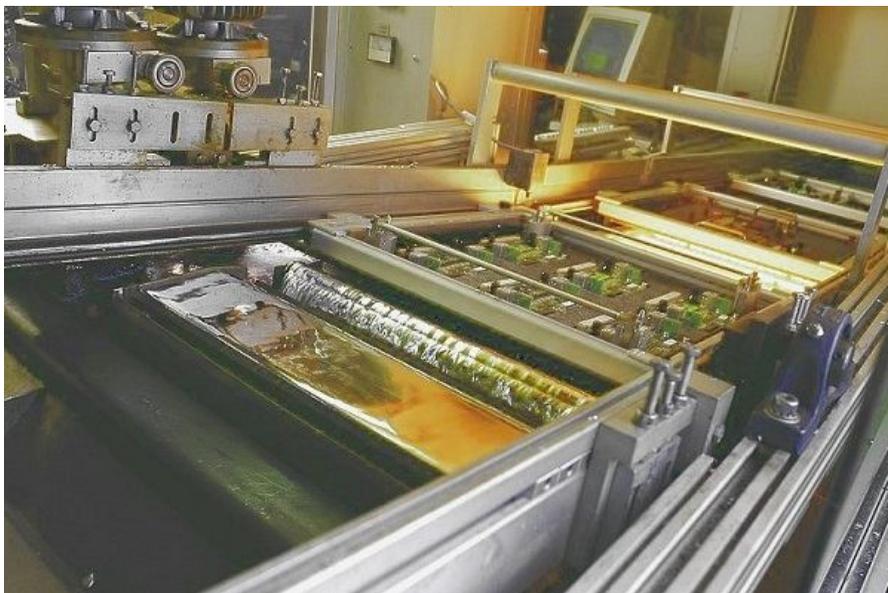
Сборочная головка автомата устанавливает компонент в радиальном корпусе.

Установщики выводных компонентов оснащаются набором сборочных головок. В большинстве автоматов головки имеют механические захваты, управляемые сервоприводом. Стандартные углы поворота компонента кратны 90° . Существует возможность оснащения автомата сборочной головкой со свободным углом поворота. Ряд автоматов обладает способностью устанавливать на плату проволочные перемычки, нарезаая их непосредственно перед монтажом. Паспортная производительность современного

монтажного оборудования достигает 20000...40000 компонентов в час. Производительность установщика при монтаже компонентов сложной формы может быть меньше в десять раз.

Монтажные автоматы оснащаются различными загрузочными устройствами – питателями. Компоненты могут поставляться вклеенными в ленту, намотанную на бобину или упакованную в магазин-коробку. Ленточные питатели предназначены для подачи компонентов, вклеенных в ленту. Питатели из трубчатых кассет предназначены для микросхем в DIP-корпусе и компонентов сложной формы, имеют наклонный транспортный лоток. Существуют горизонтальные питатели для компонентов, которые не скользят свободно по наклонному лотку вследствие своих конструктивных особенностей: массы, формы корпуса либо выступающих острых выводов. Вибробункерные питатели подают различные компоненты из россыпи и обеспечивают ориентацию компонентов перед захватом. Матричные (сотовые) питатели для компонентов сложной формы для подачи из матричных поддонов, магазинов. Некоторые питатели оснащаются микропроцессорным управлением.

Выбор технологии пайки осуществляется в зависимости от количества монтируемых элементов, их местоположения, объема сборки и сложности. Автоматический монтаж выводных компонентов выполняется на линии селективного монтажа или пайки волной.



Установка пайки волной.

ПАЙКА ВОЛНОЙ ПРИПОЯ

Пайка волной зародилась в пятидесятых годах в Великобритании. Технология используется для пайки выводных компонентов, расположенных на одной стороне платы. Сейчас это самый распространенный способ сборки крупных партий электронных модулей. Пайка волной позволяет использовать отечественные выводные компоненты, благодаря чему эта технология получила распространение на территории СНГ.

Технология пайки волной обладает уникальной производительностью для автоматизированного монтажа электронных компонентов. При этом над платой выполняется ряд операций: нанесение флюса, предварительный прогрев, отмывка от излишков флюса и высушивание. Плата контактирует с волной припоя короткое время, что снижает воздействие высокой температуры. Благодаря быстрой передаче тепла пайка волной весьма эффективна при монтаже компонентов установленных в

металлизированные отверстия. Минусы технологии: значительная масса припоя постоянно находящегося в ванне 100...500 кг, значительные размеры оборудования около нескольких метров, большое окисление припоя. Применение технологии пайки волной выдвигает определенные требования к разработке платы. Правильная трассировка проводящего рисунка уменьшает вероятность появления дефектов пайки.

Платы приходится защищать от волны припоя. Для этого на плату наносится слой водорастворимой пленки. Для переноса флюса на нижнюю поверхность платы его вспенивают или используют распыление. Пайку расплавленным припоем обеспечивает постоянно присутствующая стационарная волна. Платы с установленными элементами двигаются поперек волны. Наилучшие результаты позволяет достичь настройка наклона конвейера и параметров волны. Угол наклона конвейера находится в диапазоне 5...9°. Скорость перемещения плат выбирается, ориентируясь на конструкцию собираемого модуля, времени пайки примененных компонентов, темпа работы производства, температуры предварительного нагрева. Движение собираемых модулей происходит со скоростью около одного метра в минуту. Оставшиеся излишки припоя сдуваются узкой струей горячего воздуха. Очистка от лишнего припоя воздухом получила название – воздушный нож.

Для формирования паек скелетной формы и высокой разрешающей способности припой на области пайки должен наноситься равномерно тонким слоем. Применяют различные волны различных профилей: плоскую волну или широкую, вторичную или "отраженную", дельта-волну, лямбда-волну, омега-волну. Различное количество волн позволяет разделить оборудование на категории: с одной, двумя и тремя волнами.



Две волны припоя.

При технологии двух волн одна волна делается узкой и турбулентной. Энергичное перемещение припоя в первой волне исключает образование пустот в пайках, вызванных испарением флюса. Вторая волна очищает плату от излишков припоя и завершает формирование паек правильной формы. Температура пайки находится в диапазоне 235...260°C. Снижение температуры пайки создает более щадящий термический режим для деталей собираемого модуля. Высокая температура необходима при использовании бессвинцовых припоев и монтаже многослойных плат. Для исключения окисления соединяемых поверхностей пайка производится в среде азота.

Волну припоя создают механическими и электромагнитными нагнетателями, подачей газа, ультразвуковыми колебаниями. Механический нагнетатель работает следующим образом. В камеру с соплом с помощью крыльчатки постоянно нагнетают расплавленный припой. Крыльчатка приводится в движение электродвигателем. Высота волны регулируется изменением скорости вращения вала электродвигателя. Есть более простой способ создать волну припоя. Для этого используется газ, под давлением подаваемый в замкнутую полость. Но у этого способа есть и недостатки. Интенсивное движение воздуха через припой

приводит к окислению припоя. Использование инертного газа неоправданно экономически.

Когда припой контактирует с проводящим рисунком платы и выводами компонентов, то в припое растворяется небольшое количество меди. Небольшое содержание меди в припое может нарушить эвтектику сплава. Температура плавления припоя увеличивается, происходят холодные пайки. Для исключения этого явления в состав припоя включается медь и висмут. Медь предварительно добавляют в припой до насыщения и дальнейшее увеличение содержания меди в припое невозможно, а висмут снижает температуру плавления припоя.



Селективная пайка с помощью сопла.

Список использованных источников:

Монтаж печатных плат. - URL <http://платы.пф/?pcb-mounting%2C15> (Дата обращения: 1.06.2023)

Материалы предназначены для свободного ознакомления. Информация дается исключительно в образовательных целях. Статья 1274 ГК РФ «Свободное использование произведения в информационных, научных, учебных или культурных целях».

Список литературы и использованных источников

Дригалкин В. В. Школа начинающего радилюбителя с учетом современной электроники. 2-е издание, 2011. – 175 с.

Журавлева Л. В. Электроматериаловедение : учебник для нач. проф. образования – 8 изд. – М.: Издат. центр «Академия», 2012. – 352 с.

Малышев А. С. Монтаж и ремонт радиоэлектронной аппаратуры : учеб. пособие – Томск: ТГУ, 2015. – 144 с.

Нестеренко И. И. Маркировка радиоэлектронных компонентов. Карманный справочник. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 164 с: ил.

Платт Ч. Электроника для начинающих: Пер. с англ. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 416 с.: ил.

Третьяков С. Д. Современные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры. Учебное пособие – СПб.: НИУ ИТМО, 2016. – 102 с.

Электронные образовательные ресурсы на сайте ООО «ПНОЦ» [<https://ноц59.рф/>]