



Влагозащитные полимерные покрытия: как нанести

Существует очень много методов нанесения полимерных покрытий. Использование на практике того или другого метода зависит от ряда причин, в частности от агрегатного состояния предмета нанесения (жидкость, твердое вещество, газ), от природы субстрата, на которую наносится покрытие (металл, диэлектрик и др.), и др. Поэтому не будем говорить об интересных с технической точки зрения, но по ряду причин не применяемых, или, правильнее, пока не применяемых в производстве радиоэлектронной аппаратуры методах нанесения полимерных покрытий. Поговорим лишь о тех методах, которые получили признание и применяются на практике в технологии влагозащиты печатного монтажа.

**Владимир Уразаев,
к. т. н.**

urazaev@yandex.ru

По стопам Тома Сойлера

Проще всего полимерное (лаковое) покрытие можно нанести кисточкой. Данный способ, как это ни печально, все еще используется в единичном производстве или при проведении ремонтных работ. Недостатков у него гораздо больше, чем достоинств. Это — большая трудоемкость, низкая производительность, разнотолщинность получаемого покрытия, невозможность использования быстро сохнущих и плохо растушовывающихся лакокрасочных материалов. Проблематично получение покрытия под микросхемами. Очень часто в лак попадают волоски кисти. В обычных покрытиях эти волоски ухудшают декоративные свойства окрашиваемых изделий. Во влагозащитных покрытиях они создают гораздо больше проблем. Волоски реализуют в покрытии печатного узла капилляры (своеобразные насосы для подкачки влаги к поверхности стеклотекстолита). Как следствие, снижается влагостойкость изделий.

Чуть сложнее

Второе место по своей простоте занимает метод окунания. При нанесении покрытия окунанием печатный узел погружают в ванну, наполненную лаком. Через определенное время его вынимают и дают возможность избытку лака стечь с поверхности. При окраске окунанием появляется возможность механизировать процесс.

Практически реализуются более сложные схемы. Стеkanie лака с поверхности печатного узла обычно сопровождается образованием потеков и приводит к получению разнотолщинного покрытия. Проблему можно решить, если использовать оборудование, позволяющее погружать и, самое главное, вынимать печатный узел из ванны с медленной равномерной скоростью. В этом случае избыток стекающего лака не остается на поверхности печатного узла, а растворяется в самом же лаке.

Согласованием скоростей подъема печатного узла и испарения растворителей удается получить покрытие печатного узла равномерной толщины.

На рынке предлагаются специализированные установки, в которых реализован этот метод, например установки влагозащиты DC 2001 и DC 2002 [1]. Они «предназначены для прецизионного нанесения влагозащитных покрытий на печатные узлы методом погружения». Установки ориентированы на использование в серийном производстве. Печатный узел, подвешенный к держателю, опускается в ванну с лакокрасочным материалом с помощью пневмопривода. Скорости погружения и извлечения печатного узла регулируются раздельно. Габаритные размеры ванны 600×175×400 мм.

В технологии влагозащиты печатного монтажа находит применение и другой модифицированный метод нанесения покрытия окунанием. Модификация метода заключается в использовании дополнительной операции центрифугирования печатных узлов. Частота вращения центрифуги обычно находится в диапазоне от 100 до 600 об/мин. Благодаря центрифугированию с поверхности печатного узла удаляется избыток лака (потенциальный создатель потеков) и, самое главное, гарантированно обеспечивается образование покрытия под микросхемами, установленными с малым зазором. Метод центрифугирования целесообразно также использовать при нанесении покрытий высоковязкими лаками с большим сухим остатком, например лаком ЭП-9114.

Нужен пистолет

Самое широкое применение в технике вообще и в производстве РЭА в частности получил метод нанесения покрытий пневматическим распылением. Сущность метода заключается в распылении лакокрасочного материала сжатым воздухом и нанесении его в виде тонкой дисперсии на поверхность изделия. Для работы с небольшими по размеру пе-

чатными узлами обычно используется краскораспылитель (пистолет) с навесным бачком. Основные технологические параметры нанесения покрытий методом пневматического распыления: рабочая вязкость по ВЗ-4 при 20 °С — от 15 до 25 с, толщина одного слоя — от 10 до 20 мкм.

При нанесении лакокрасочных материалов пневматическим распылением появляется возможность механизировать и автоматизировать процесс окраски. К сожалению, в многономенклатурном производстве РЭА эту потенциальную возможность очень часто бывает сложно реализовать. Бывает и так, что механизация ограничивается только использованием какого-либо привода для вращения предметного столика в окрасочной камере.

Метод пневматического распыления не очень дружелюбен по отношению к окружающей среде. От 25 до 50% лака уходит в атмосферу [2]. Использование в окрасочных камерах водяной завесы защищает природу, но одновременно и «обижает» печатные узлы. Повышенная влажность в окрасочной камере может привести к появлению целого ряда дефектов в покрытии, которые оказывают непосредственное влияние на их защитные свойства.

Применительно к окраске печатных узлов метод пневматического распыления не очень удачен еще и сложностью нанесения покрытия в теневых зонах и, в первую очередь, опять-таки под микросхемами.

Говоря о методе пневматического распыления, нельзя не упомянуть об использовании функциональных приспособлений, позволяющих значительно упростить технологический процесс. Вместо пистолета можно использовать аэрозольные баллончики. Аэрозольные препараты находят применение не только для борьбы с насекомыми и комарами, но и для нанесения влагозащитных лаков (Urethane 71, Silisol 73, Plastik 70) [3]. Аэрозольная упаковка представляет собой цилиндрический герметично закрытый баллон, снабженный клапаном и распылительной головкой. Баллон заполнен пленкообразующим раствором в растворителе и сжиженным инертным легкоиспаряющимся газом — пропеллентом (хладон, смесь пропана с бутаном, углекислый газ и др.). О хладоне теперь, пожалуй, можно говорить только в прошедшем времени. Давление паров пропеллента при комнатной температуре примерно в три раза превышает атмосферное. При распылении пропеллент мгновенно испаряется, а на поверхность печатного узла осаждаются мелкоаэрозольные (до нескольких мкм) частицы лака.

Преимущества аэрозольных препаратов очевидны. Очевидны и потенциальные области применения. Не вызывает сомнений эффективность использования аэрозолей на стадии освоения производства новых изделий (макетирование, изготовление опытных образцов). При проведении сервисных и ремонтных работ аэрозоли — удачная альтернатива кисточке.

Суперлекарство от головной боли

Защита поверхностей, не подлежащих окраске, всегда была головной болью производственников, работающих на участках лакокрасочных покрытий. В печатных узлах к таким поверхностям относятся разъемы, потенциометры, громкоговорители и другие негерметичные элементы. Защиту поверхностей обычно осуществляют по принципу «кто как может». Кто-то использует шаблоны, изоляционную ленту или пластырь, кто-то предпочитает специальные изолирующие составы (замаски, латексные составы, съемные пленочные покрытия другими лаками, например, ХС-567, и т. д.). К специальным составам предъявляется много требований, которые порой противоречат друг другу. Они должны легко наноситься на поверхность и удаляться с нее тампоном без применения растворителей или сниматься «чулком»; не взаимодействовать с материалами, на которые наносятся, а также с лакокрасочным покрытием. Кроме того, при горячей сушке они не должны сгорать, растекаться и проникать в слой покрытия. Очень сложно бывает практически реализовать ровный и, самое главное, точный контур защищаемого от окраски участка. А это очень важно для современных печатных узлов с высокой степенью интеграции.

Проблема возникла из-за того, что, используя традиционные методы нанесения лакокрасочных покрытий (окувание, пневматическое распыление), гораздо легче нанести покрытие сразу на всю поверхность, чем осуществлять этот процесс избирательно. Поэтому возникает необходимость в предварительной защите поверхностей, не подлежащих окраске. Это трудоемкая и неблагодарная работа, не вызывающая положительных эмоций. Но самый главный недостаток — она практически не поддается автоматизации. Имеет место явная несогласованность в технической системе. На фоне других операций технологического процесса нанесения покрытий защита поверхностей явно выделяется своей архаичностью.

Но... Если гора не идет к Магомету, то Магомет идет к горе. Автоматизация, которой так сильно мешала операция защиты поверхности, сама вычеркнула эту стадию из технологического процесса. Американской фирмой Asymtek предлагается система селективного нанесения влагозащитных покрытий Century C-341 [4]. Эта система имеет настоящее исполнение и может быть использована для многономенклатурного серийного производства. Система Century C-341 позволяет использовать различные влагозащитные покрытия благодаря наличию нескольких модулей нанесения:

- SC-104 и SC-105 — циркуляционные модули;
- SC-204 и SC-205 — нециркуляционные модули;
- SC-300 — модуль нанесения с возможностью закручивания струи.

Для нанесения лакокрасочных материалов, требующих подогрева, используются цирку-

ляционные модули. Нециркуляционные модули можно использовать для других материалов. Модуль SC-300 предназначен для нанесения кремнийорганических покрытий.

Система Century C-341 позволяет реализовать три режима нанесения: режим струи, режим закрученной струи и режим распыления. Режим струи применяется, когда необходимо нанести покрытие в узкие места между компонентами или в непосредственной близости от непокрываемых зон. Режим закрученной струи используется при нанесении покрытий на печатные узлы с очень высокой плотностью монтажа. Режим распыления целесообразно применять при малой толщине покрытия и большом размере площади нанесения.

В самом популярном модуле SC-205 используется струйное нанесение, что позволяет исключить нанесение избыточного количества лака. Вязкость используемых материалов должна быть не менее 100 сП. Толщина одного слоя покрытия варьируется от 13 до 200 мкм. Наличие головки с пятью степенями свободы позволяет наносить покрытие на боковую поверхность компонентов и под ними. Повторяемость позиционирования привода — 25 мкм. Попробуйте с такой точностью приклеить пластырь или нанести латексный состав!

И завершающий мазок на портрет запатентованного и даже получившего награду от журнала SMT Magazine «передовика производства»: система Century C-341 оснащается компьютером с программным обеспечением, работающим под Windows NT, позволяющим легко создавать рабочие программы и редактировать режимы нанесения покрытия.

Маски-шоу

Стремление к исключению органических растворителей в сочетании с некоторыми другими устремлениями привело к массовому использованию в технологии изготовления РЭА так называемых «безрастворных» композиций. Речь идет преимущественно о защитных паяльных масках, которые, оставаясь на печатной плате, выполняют еще и функцию влагозащитного покрытия. Такие покрытия наносятся в процессе изготовления печатной платы (на плоскую поверхность). Следствием этого является возможность использования для их нанесения оборудования, заимствованного из полиграфии.

Поскольку паяльная маска обычно защищает не всю поверхность печатной платы, особое значение имеет точность формирования ее внешнего и внутреннего контуров. Внутренние контуры появляются из-за того, что паяльная маска наносится до монтажа радиоэлементов. Поэтому необходимо сохранить в первозданном виде контактные площадки для осуществления последующей пайки радиоэлементов. Защита участков, «не подлежащих защите», в данном случае реализуется сама собой.

Жидкие паяльные маски часто наносят методом сеткографии [5]. Покрытие образуется



в результате продавливания композиции ракелем через сетчатый трафарет. Но трафаретная печать очень ограничена в точности. Чтобы обеспечить четкое изображение, необходимо обеспечить определенное расстояние — «дистанцию отрыва» между поверхностью, на которую наносится маска, и шаблоном. С другой стороны, «дистанция отрыва» приводит к тому, что во время нанесения маски шаблон должен слегка прогибаться. Это ограничивает точность нанесения маски в среднем до $\pm 0,4$ мм [6]. Как правило, трафаретной печатью наносят составы на эпоксидной основе, отверждаемые термически или ультрафиолетовым излучением. Достоинство метода — относительная дешевизна.

Другой тип маски — фотопроявляемая. Эта маска может быть жидкой или сухой: жидкая фотопроявляемая «liquid photo imageable» и сухая пленочная «dry film solder mask». Фотопроявляемые маски можно нанести с более высокой точностью, практически с такой же точностью, которая достигается при формировании самого рисунка схемы. Типичная точность, а, следовательно, и минимальная величина зазора на изображении составляет $\pm 0,15$ мм [6].

Различают маску поверх оплавленного припоя «solder mask over tin-lead» (SMOTL) и маску поверх открытой меди «solder mask

over bare copper» (SMOBC). Нанесение маски поверх оплавленного припоя предпочтительнее для печатных плат, работающих в жестких условиях. Следует отметить, что при использовании групповой пайки припой под маской также расплавляется. При этом возможны: разрушение маски, появление «пазух» и образование «мостиков» припоя между соседними проводниками при высокой плотности расположения проводников. Печатные платы с компонентами для поверхностного монтажа (SMD) обычно делают с использованием маски поверх открытой меди.

С точки зрения эстетики использование сухой пленочной защитной маски предпочтительнее. Кроме того, толщина такой маски обычно бывает больше, чем у маски, получаемой из жидкости. Следовательно, при прочих равных условиях она выполняет функцию диффузионного барьера для влаги более эффективно. Однако в печатных платах с высокой плотностью расположения печатных проводников возможно образование воздушных зазоров у основания проводников.

Для нанесения сухой пленочной защитной маски используются вакуумные ламинаторы. Предлагаемые на рынке ламинаторы отличаются преимущественно различным уровнем автоматизации процесса и наличием сервисных систем [7]. Многие

устройства, входящие в состав ламинаторов (устройства предварительного центрирования, захвата, обрезки, вакуумирования и др.), оснащены микропроцессорными системами управления.

При выборе метода нанесения влагозащитного покрытия учитываются самые разные факторы. Далеко не последнее место при этом занимает экономическая целесообразность. При разработке конкретного технологического процесса для влагозащиты одного изделия иногда приходится использовать несколько различных методов.

Литература

1. <http://www.pribor.ru>
2. Рейбман А. И. Защитные лакокрасочные покрытия. Л.: Химия, 1982.
3. Переятец А. Химия для электроники // Компоненты и технологии. 2001. № 5.
4. Нисан А. Экономичное решение для селективного нанесения влагозащиты // Компоненты и технологии: Технологии в электронной промышленности. 2005. № 2.
5. Кочкин В. Ф., Гуревич А. Е. Лакокрасочные материалы и покрытия в производстве радиоаппаратуры. Л.: Химия. 1991.
6. <http://www.eworld.ru/support/smpcbr.htm>
7. <http://www.ots-kr.com>