

Новое поколение защитных покрытий 2К для сложных условий эксплуатации

От современных электронных схем все чаще ожидают, что они выдержат самые неблагоприятные условия эксплуатации и будут надежно работать при длительном влиянии высоких температур, при наличии теплового удара и высокой влажности, а также там, где схема может подвергаться воздействию влаги, коррозионным агентам или другим видам химического воздействия. Кроме того, постоянное стремление сократить вес компонентов, несомненно, повлияло на снижение прочности корпусов. Однако сегодня во всем мире происходит борьба за экологию, и потому использование защитных материалов на основе растворителей тоже идет на спад. Следуя данной тенденции, специалисты компании Electrolube разработали новое поколение двухкомпонентных защитных покрытий, не содержащих растворителей, с высокими эксплуатационными характеристиками, и создающих уровень защиты, который сопоставим с тем, что обеспечивается смолой для инкапсуляции, но при этом прост в нанесении, как обычное покрытие. Речь идет о серии продуктов Electrolube 2K.

Ирина Буданова

pr@protehnology.ru

Защитное покрытие формирует немаловажную «вторую линию обороны» за пределами корпуса, а потому для поддержания длительного срока службы сборки, функционирующей в жестких условиях, полезно рассмотреть общие способы воздействия на нее и в конечном итоге определить, как эти проблемы могут быть решены. При выборе подходящего материала в качестве защитного покрытия для суровых условий необходимо учитывать следующие вопросы: вероятность коррозии и конденсации и/или погружение в воду, расстояние между компонентами (рис. 1) и образование оловянных вискерсов (усов).

Коррозия

Коррозия — это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Ее причиной становится термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к влиянию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. При электрохимической коррозии (наиболее частая форма коррозии) всегда требуется наличие электролита (конденсат, дождевая вода и т. д.), с которым соприкасаются электроды — либо различные элементы структуры материала, либо два разных соприкасающихся материала с различающимися окислительно-восстановительными потенциалами. Если в воде растворены ионы солей, кислот и т. п., электропроводность ее повышается и скорость процесса увеличивается. Предотвращение коррозии предполагает удаление по меньшей мере одного из этих условий.

Выбор металлов ограничен теми, что используются в припое и в химии припоя, и всегда будут существовать области разницы потенциалов из-за



Рис. 1. Компоненты защитного покрытия

характера электронной сборки. Очистка способна удалить ионные частицы, но не может предотвратить их повторное осаждение из рабочей среды.

Защитные покрытия помогают предотвратить образование электролитических растворов, выступая в качестве барьеров для влаги. Все металлические поверхности на печатной плате должны быть достаточно хорошо покрыты, чтобы предотвратить воздействие потенциально агрессивной среды, ведь даже небольшие пробелы, обнажающие металлическую поверхность, при определенных условиях могут ускорять коррозию.

Задача защитного слоя заключается в достижении соответствующего уровня покрытия всех открытых металлических поверхностей в трехмерной сложной топографии, которая определяет современную печатную плату, а также в обеспечении предохранения

от влаги и созданию хорошей адгезии к подложке для предотвращения расслоения. Как только покрытие отслоится, произойдет попадание влаги, что в конечном итоге приведет к образованию электролитического раствора в результате контакта с любыми ранее существовавшими ионными загрязнениями — это еще одна очень веская причина для тщательной очистки платы перед нанесением защитного покрытия.

Конденсация

Там, где существует значительный уровень влажности, некоторые участки сборки могут оказываться ниже точки росы, и вода будет конденсироваться на поверхностях печатной платы, что значительно снижает сопротивление изоляции. Хотя чистая вода не является особенно хорошим проводником электричества, любые ионные примеси, присутствующие на поверхности печатной платы, будут растворяться, образуя проводящий путь. Подобные условия не только вызывают коррозию, как уже было сказано, но и серьезно проверяют сопротивление изоляции покрытия.

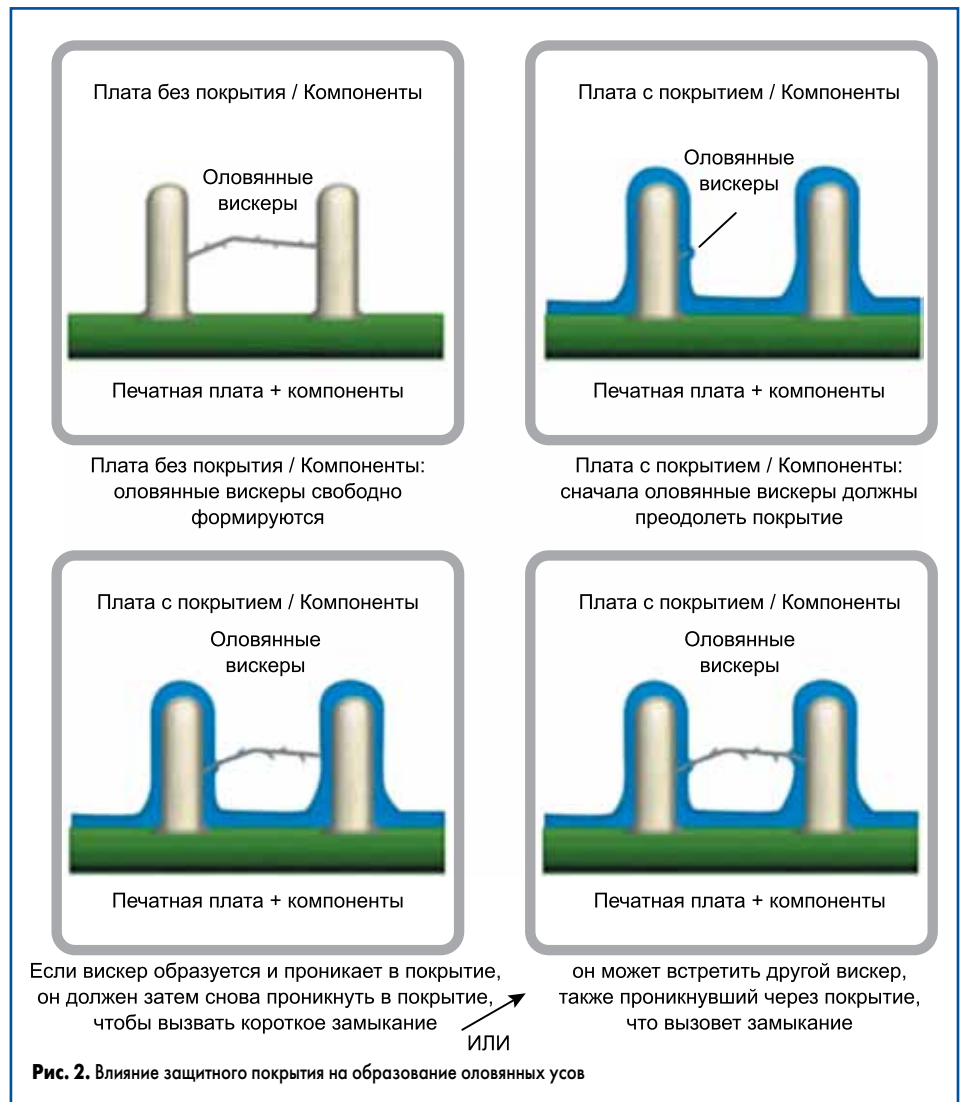
По сути, это условия погружения, и вода очень быстро обнаружит слабые места или пустоты в покрытии. Если в определенных областях защитный слой тонкий или отсутствует, обеспечиваемая изоляция будет незначительной и, безусловно, менее оптимальной. Любое проводящее решение позволит передавать электрический ток из одного слабого места в другое, что приведет к временному отказу — обратимому, когда плата высыхает, или необратимому, если продукты проводящей коррозии, дендриты или другие постоянные формы проводящих путей оседают на поверхность покрытия.

Расстояние между компонентами

Хотя воздух обычно служит отличным изолятором, он может разрушаться при наличии электрического поля более 3 кВ/мм и становится частично проводящим. Напряжение пробоя в воздухе будет зависеть от разделения компонентов, заполняющих плату. Если разность потенциалов между соседними компонентами достаточно высока, полное электрическое разрушение воздуха завершится электрической дугой, которая перекрывает весь зазор между компонентами. Защитные покрытия обеспечивают дополнительное сопротивление изоляции, и разработчики используют их для создания более компактных сборок, размещая компоненты ближе друг к другу, чем если бы процесс выполнялся без покрытия.

Формирование оловянных усов — вискерсов

Защитные покрытия также способны предотвращать проблемы, связанные с образованием оловянных усов, которые могут привести к локальным коротким замыканиям (рис. 2). Хотя текущие исследования показали, что это маловероятно, вискерсы должны прокалывать и проникать сквозь покрытие. А для создания короткого замыкания выступающий оловянный



вискер должен либо встретить другой выступающий оловянный ус с альтернативной полярностью, либо проникнуть обратно через покрытие в место противоположной полярности.

Компьютерное моделирование показывает, что до тех пор пока имеется достаточное покрытие и толщина конформного слоя на проводящих поверхностях, маловероятно, что оловянные усы проникнут в покрытие один раз, и сделать это дважды будет практически невозможно. Это оставляет единственный реальный потенциальный механизм разрушения, когда два выступающих жестяных стержня встречаются и образуют короткое замыкание, что представляется статистически незначимой вероятностью.

Двухкомпонентный подход

Доказано, что для обычных материалов, применяемых в жидких средах, достижение хорошего покрытия и толщины проблематично. Например, в недавнем ИРС «Оценка состояния отрасли», который содержал анализ буквально тысяч сечений, отмечено, что в результате тестов получено небольшое или полное покрытие многих общих отводов и корпусов компонентов для всех комбинаций материалов и процессов. Учитывая важность покрытия кромок и толщины, а также необходимость достижения обоих при сохранении других требований к характеристикам, таким как устойчивость к тепловому удару и к термоциклированию, была



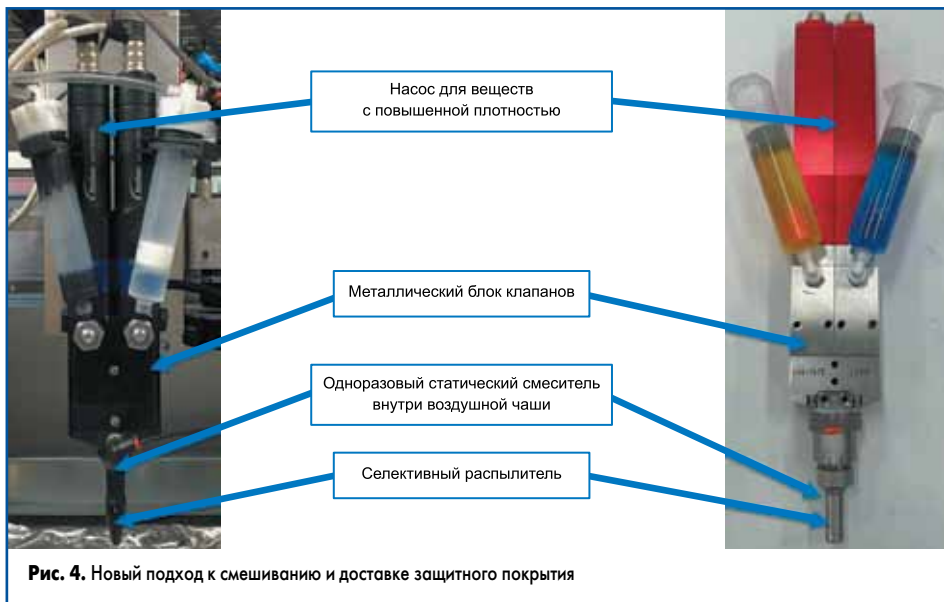


Рис. 4. Новый подход к смешиванию и доставке защитного покрытия

разработана новая концепция покрытия для решения этих задач (рис. 3).

Компания Electrolube разработала серию 2K защитных покрытий, чтобы обеспечить решение типичных проблем, с которыми сталкиваются компании-изготовители, испытывающие трудности с производительностью при использовании современных решений для покрытий в суровых условиях. Серия высокоэффективных двухкомпонентных материалов 2K обладает способностью к большей толщине защитного слоя и улучшенному покрытию кромок, не содержит летучих органических соединений, быстро отверждается и является более экономичной альтернативой силиконовым материалам без растворителей. Кроме того, многие из покрытий серии 2K являются гидрофобными и поэтому обеспечивают отличную защиту от погружения в воду, солевого тумана и влажности, что делает их оптимальными кандидатами для автомобильных датчиков и электроники под капотом.

Материалы 2K содержат два вещества: смолу и скрепляющий компонент, которые остаются стабильными при раздельном хранении. После смешивания в правильном соотношении происходит химическая реакция с образованием твердого полимера. Регулируя химический состав смолы и отвердителя, можно получить широкий спектр полимеров, начиная от мягких резиноподобных материалов и заканчивая высокопрочными стеклоподобными материалами. Традиционно многие из материалов 2K основаны на растворителе, что продлевает срок их службы и позволяет употреблять существующие методологии применения. Однако в связи с растущими ограничениями на использование растворителей усилия отрасли по производству решений, не содержащих растворители, набирают обороты.

Без растворителей

Переход Electrolube на систему 2K без растворителей потребовал нового метода смешивания и доставки. При нанесении покрытий контроль скорости потока на нужном низком уровне при одновременном поддержании правильных со-

отношений смесей стал ключевой проблемой, которую недавно удалось преодолеть благодаря внедрению специально разработанных насосов с прогрессивной полостью малого объема (рис. 4). Они точно контролируют скорости потока отдельных компонентов составов в пределах $\pm 1\%$, поддерживая контроль отношения объемной смеси к точке смешивания и непосредственно перед нанесением, обеспечивая постоянство свойств дозируемых материалов и быстрое отверждение. Кроме того, скорость распылительной головки может быть втрое выше, чем при традиционном нанесении 100% твердых материалов, что значительно сокращает время цикла нанесения покрытия.

Эта технология нанесения позволяет всем материалам серии 2K отверждаться в течение 10 мин при температуре $+80\text{ }^\circ\text{C}$, типичной для акрила на основе растворителя. Действительно, последний дополнительный компонент к диапазону 2K отвердевает, глав-

ным образом, под ультрафиолетовым излучением (с использованием обычных микроволновых или дуговых ламп или новейших светодиодных технологий), а полное химическое отверждение в затененных областях наступает всего за несколько часов по сравнению с другими материалами. Двухкомпонентный материал Electrolube 2K850 сочетает скорость и удобство УФ-отверждения (выполняя немалое количество систем защитного покрытия 2K Electrolube, обеспечивая полное отверждение при комнатной температуре в течение 24 ч, в то время как минимальный средний показатель по отрасли составляет примерно 8–14 дней).

В ходе строгих испытаний эти новые системы из двух частей демонстрируют весьма впечатляющие характеристики по сравнению с другими типами покрытий. Тот факт, что их можно наносить толстым слоем (до 300 мкм), не подвергая изделие растрескиванию во время термоударов, позволяет достичь большей степени покрытия отведением компонентов. Это, в свою очередь, приводит к улучшению рабочих характеристик при испытаниях на воздействие солевого тумана, смешанного потока газа (MFG) и конденсации, проводящихся с помощью нового метода тестирования конденсата NPL — всех изнурительных режимов, обычно используемых во время автомобильных квалификационных кампаний. Хорошим примером служит недавнее испытание узлов блока управления автомобильным двигателем с покрытием 2K, которые подвергались 1000 циклам теплового удара при $-40...+140\text{ }^\circ\text{C}$ без растрескивания под напряжением (рис. 5).

В других экспериментах Electrolube, проведенных в ходе проекта разработки 2K, испытательная плата для сопротивления поверхностной изоляции (SIR) была провере-

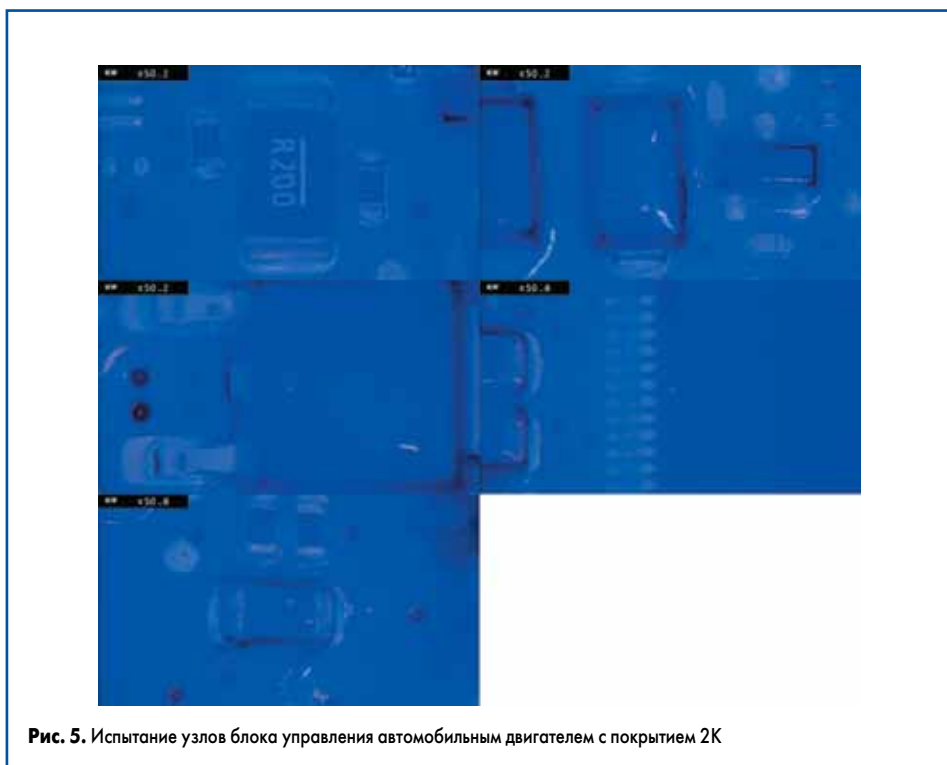


Рис. 5. Испытание узлов блока управления автомобильным двигателем с покрытием 2K

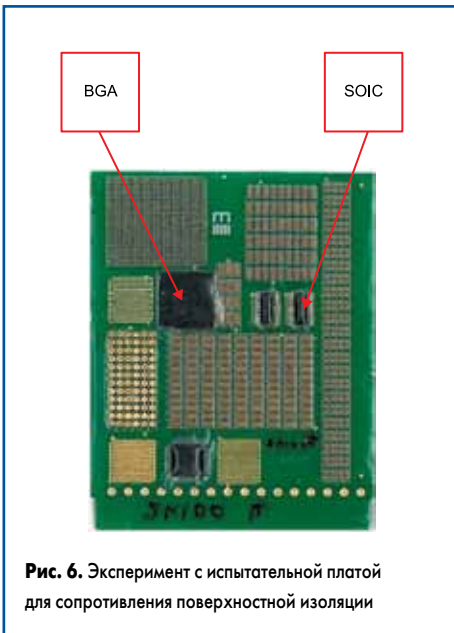


Рис. 6. Эксперимент с испытательной платой для сопоставления поверхностной изоляции

на без защитного слоя, выборочно покрыта акрилом на основе растворителя и материалом 2K, чтобы оценить новый метод испытания конденсации NPL (рис. 6).

Результаты показывают, что как для компонентов типа BGA, так и для компонентов SOIC результаты SIR с покрытием 2K остались на два порядка выше и почти не менялись, независимо от того, был ли материал покрыт конденсированной водой или нет (рис. 7). Наблюдалось довольно значительное различие для акрила, в зависимости от того, находился ли материал в условиях конденсации или нет, в то время как для устройства BGA свидетельство образования дендрита обнаружилось в оценке без покрытия (рис. 8).

Защитные материалы 2K надежно покрывают острые края, и хотя обычно наносятся тонким слоем (50–75 мкм), они предназначены для нанесения значительно большей толщины (250–300 мкм), чтобы обеспечить высокую герметизацию компонентов и устранить возникновение проблем, связанных с толстыми покрытиями — например, с растрескиванием во время испытаний на термический удар.

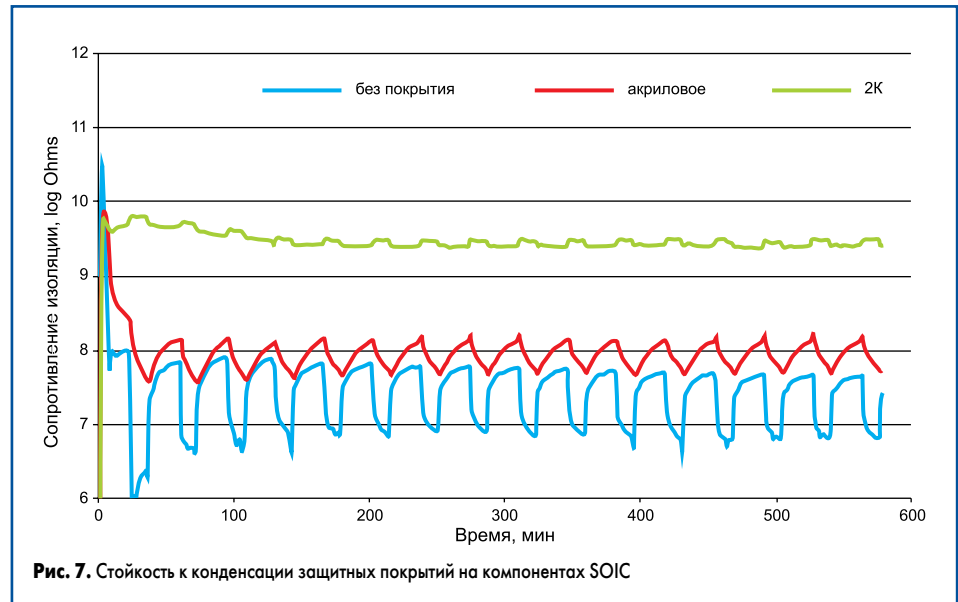


Рис. 7. Стойкость к конденсации защитных покрытий на компонентах SOIC

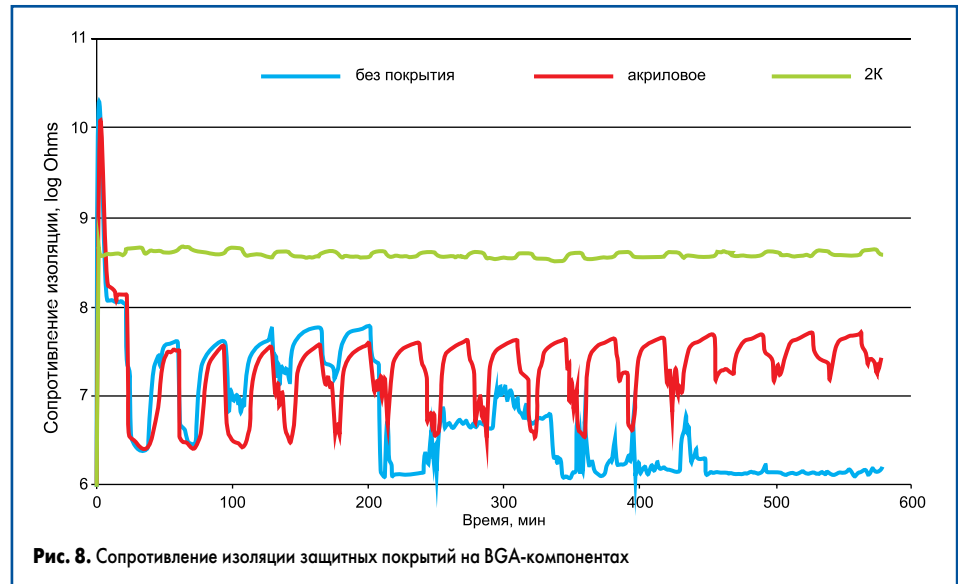


Рис. 8. Сопротивление изоляции защитных покрытий на BGA-компонентах

Чрезвычайно высокая защита, обеспечиваемая увеличенной толщиной и отличными возможностями покрытия материалов Electrolube 2K, будет оценена многими автомобильными и аэрокосмическими постав-

щиками, которые должны удовлетворять растущие требования изготовителей оборудования, чтобы повысить его производительность при эксплуатации в жестких условиях.