

Подготовка поверхности и отверстий при производстве печатных плат

Вслед за миниатюризацией изделий в различных отраслях промышленности производство печатных плат (ПП) вынуждено быстро развиваться в направлении уменьшения ширины линий и зазоров, а также диаметра отверстий на ПП. Для этого необходимо детально изучать и совершенствовать каждую операцию.

**Валентин Терешкин
Лилия Григорьева
Жанна Фантоф**

info@elmaru.com

Процессы подготовки поверхности и отверстий составляют значительную часть в общем объеме процессов изготовления ПП. К ним относятся, например, подготовка перед металлизацией, нанесением фоторезиста, нанесением защитной маски и др.

Для обеспечения качественного выполнения таких процессов, как нанесение фоторезиста или маски необходима, в первую очередь, соответствующая подготовка меди. Исходная поверхность меди не обеспечивает достаточной адгезии. Ее необходимо очистить от загрязнений и создать соответствующий рельеф поверхности.

Подробная информация о различных способах подготовки поверхности меди, в том числе с применением двух наиболее распространенных в настоящее время абразивов — пемзы и оксида алюминия — представлена в материалах итальянской фирмы IS.

Качество подготовки оценивалось по результатам анализа топографии поверхности. Некоторые результаты этих исследований представлены ниже.

Как видно из рис. 1, исходная поверхность обычного фольгированного медью материала не обладает однородностью текстуры и поэтому не обеспечивает достаточной адгезии при нанесении какого-либо покрытия. Ниже анализируются все способы подготовки поверхности, применяемые в промышленности ПП в настоящее время.

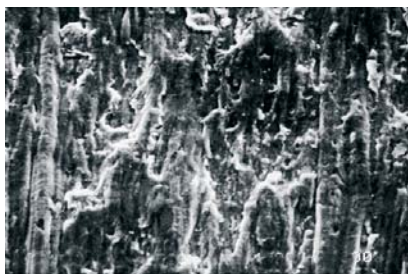


Рис. 1. Изображение исходной медной поверхности

Очистка щетками

Это первый и до сих пор наиболее популярный способ очистки основан на использовании компактных щеток из нетканых нейлоновых волокон, импрегнированных абразивными частицами.

Щеточная обработка производится для механической зачистки поверхности и придания ей шероховатости при помощи абразивного воздействия по касательной к поверхности.

Струйная очистка абразивными материалами (пемзой или оксидом алюминия)

На рис. 2 представлена топография поверхности, полученной при струйной обработке поверхности частицами пемзы или оксида алюминия.

По мнению исследователей, поверхность меди при струйной абразивной обработке получается более гладкой, на ней отсутствуют резкие выпуклости (по сравнению с более шероховатой текстурой, получаемой при других способах обработки). При этом можно ожидать менее прочной адгезии резиста или маски.

Что касается удаления инородных частиц, то следует отметить, что абразивный материал относи-



Рис. 2. Топография поверхности, полученной при струйной обработке поверхности частицами пемзы или оксида алюминия

тельно легко и потому оказывает слабое механическое воздействие при распылении на поверхность платы. Кроме того, отсутствует механическое воздействие абразива, направленное по касательной к поверхности платы. Те загрязнения, которые трудно снимаются, могут остаться неудаленными, так как абразивные частицы просто «барабалят» по поверхности.

Большое значение имеет мониторинг суспензии абразивного материала. Абразивные частицы имеют тенденцию к разрушению при превышении срока хранения. Тип, концентрация и долговечность абразивного материала должны строго контролироваться для обеспечения требуемого качества очистки.

Обычно этот способ очистки необходимо сочетать с операциями химической очистки.

Щеточная очистка абразивными материалами (пемзой или оксидом алюминия)

Пемза, которая исторически была первым средством для очистки поверхности меди, в середине 70-х годов опять приобрела популярность.

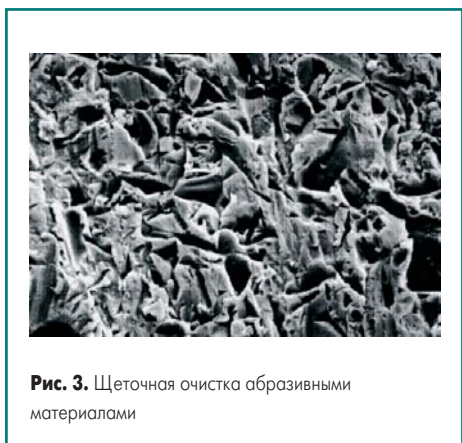


Рис. 3. Щеточная очистка абразивными материалами

Как видно из рис. 3, медь после такой обработки имеет однородную, равномерно и глубоко обработанную абразивным материалом поверхность. Под действием частиц пемзы сформирована шероховатая поверхность с большим числом выступов, что идеально подходит для обеспечения хорошей адгезии всех покрытий.

Нет никакого преимущественного направления выступов: поверхность однородна, а отсчеты параметров шероховатости не зависят от направления измерения.

Совместное действие острых абразивных частиц и нейлоновых щеток осуществляется по касательной к поверхности: все загрязнения, независимо от их характера, удаляются механическим путем, оставляя чистую медь.

Щеточная очистка абразивными материалами сегодня является наиболее популярным способом подготовки поверхности перед нанесением фоторезиста и паяльной маски, когда обрабатываются относительно толстые материалы и, следовательно, нет речи о деформации.

Сравнение пемзы с оксидом алюминия

Пемза — это естественный сложный силикат вулканического происхождения. После добычи ее дробят, просеивают, сортируя по различным размерам частиц.

Оксид алюминия является искусственным материалом и поэтому имеет более подходящие химические и физические характеристики.

Для практических целей оба материала можно считать химически инертными, так как они не растворимы в воде, кислотах и щелочах. Тем не менее, суспензия пемзы в воде имеет слабо щелочной характер, поскольку содержит некоторые гидроксиды.

Так как добавление кислот не оказывает влияния на механические характеристики частиц, то в обычной практике к суспензии пемзы с целью поддержания значения pH ниже 7 добавляют некоторое количество кислоты.

Порошок пемзы содержит частицы с разными размерами: от самых маленьких гранул до едва контролируемого максимального размера. Самые мелкие частицы (пыль) могут разлетаться по рабочему помещению, нарушая его чистоту. С другой стороны, наиболее крупные частицы с неконтролируемо большими размерами могут застревать в промежутке между соседними проводниками или внутри небольших отверстий.

Оксид алюминия является искусственно изготавливаемым абразивом и поэтому в нем может быть достигнут меньший разброс размеров частиц, чем в порошке пемзы.

Исходя из характеристик подлежащих обработке плат (ширины проводников и зазоров, диаметра отверстий) потребитель может выбрать правильный размер частиц.

Пемза имеет высокопористую структуру, подобную пене, и поэтому чрезвычайно легка. Ее удельный вес менее 1. Удельный вес оксида алюминия примерно равен 4. Большой удельный вес позволяет осуществлять непрерывное и эффективное отделение от воды таким образом, что весь оксид алюминия остается внутри отстойника.

Пемза — это хрупкий материал, а ее частицы имеют тенденцию к разрушению (измельчению).

Оксид алюминия не склонен к разрушению, обладает более высокой твердостью и поэтому имеет намного более продолжительный срок службы.

Достоинство высокого удельного веса и вытекающей из него возможности непрерывно промывать оксид алюминия и использовать его в течение продолжительного времени усиливается еще и тем фактом, что острые края частиц оксида алюминия практически не ухудшаются во время эксплуатации.

По мнению авторов, применение щеточной очистки оксидом алюминия постепенно становится все шире, так как обеспечивает такое же качество поверхности, как и при щеточной обработке пемзой, но при

этом обладает дополнительными преимуществами высоких характеристик самого абразива, а именно: более определенного размера частиц, большого срока службы, большей чистоты в рабочем помещении и уменьшения проблем, связанных с утилизацией отходов.

Химическая подготовка

Химическая подготовка всегда была альтернативой применению абразивной обработки со щетками, когда возникала необходимость обработки тонких материалов. Кроме того, химическая подготовка необходима при выполнении таких процессов, как химическая и гальваническая металлизация, нанесение финишного органического защитного покрытия и др.

При химической подготовке поверхность сначала обрабатывается очистителем для удаления загрязнений органического происхождения (например, отпечатков пальцев), а затем производится микротравление меди для удаления оксидов и обеспечения микрошероховатости поверхности.

Очистка

Для очистки очень широко используются кислые очистители. Они позволяют провести мягкую обработку поверхности без использования щелочных растворов. Это дает возможность использовать их при обработке не только открытой медной заготовки, но и при наличии на ней рисунка из щелочеснимаемых фоторезистов. Кроме того, кислые очистители значительно легче удаляются при промывке, чем щелочные, что позволяет сократить расход промывных вод.

Кислые очистители производства СПбЦ «ЭЛМА», например КО-2Э, эффективно обезжиривают поверхность и затем легко смываются в холодной воде. Поставляются очистители в виде концентратов, не требующих дополнительных химических материалов. Приготовление рабочего раствора осуществляется путем разбавления концентрата водой. Обработка в таком растворе при температуре 20–40 °C в течение 2–5 мин обеспечивает удаление с заготовки всех жировых загрязнений.

Микротравление

Назначение этой операции — обновление поверхности меди за счет снятия слоя толщиной примерно 1–2 мкм и придание поверхности меди той шероховатости, которая обеспечит максимальную адгезию последующего слоя. Этим последующим может быть слой металла или органического покрытия.

При оптимальном выполнении процесса микротравления поверхность меди выглядит так, как это представлено на рис. 4.

Нельзя недооценивать важность этой операции и тип микротравителя.

Самый старый классический раствор содержит серную кислоту и персульфат аммо-



Рис. 4. Медная поверхность после процесса микро травления

ния в количестве от 100 до 200 г/л, в зависимости от того, какая скорость снятия меди требуется. Раствор является сильным микро-травителем и дает чистую матово-розовую микрошероховатую поверхность, к которой фактически любое покрытие будет иметь хорошую адгезию.

Скорость микро травления зависит:

- от концентрации персульфата;
- от температуры;
- от концентрации меди;
- от простаивания.

Нестабильность раствора и снижение скорости травления по мере стояния ванны является одним из самых существенных недостатков раствора на основе персульфата аммония.

Вторым его существенным недостатком является наличие иона аммония. Аммоний является комплексообразователем и при попадании в сточные воды связывает металлы в трудно разлагаемые соединения, что затрудняет их обработку.

Проблема постоянства процесса и обработки сточных вод решается при использовании стабилизированной смеси перекиси водорода и серной кислоты. Благодаря анализу и корректировке смесь может эксплуатироваться очень долго, практически без ограничения срока. Но эксплуатация системы достаточно трудоемка. Связано это с тем, что раствор обычно действует при повышенных температурах. Ночью или в период простоя он охлаждается и из него на элементах конструкции кристаллизуется трудноудаляемый сульфат меди. Перед работой раствор необходимо декантировать, произвести анализ, откорректировать, после чего можно использовать снова.

Микротравители производства СПбЦ «ЭЛМА», например МТ-100 и ПлатаМет 602, стабильны во времени и позволяют выполнять операцию с постоянной скоростью в течение длительного времени. Микротравители не содержат комплексообразующих агентов и не вызывают проблем при обработке стоков. Поставляются в виде растворов, готовых к употреблению.

Антиокислительная обработка

Назначение операции — предохранить медную поверхность от окисления в процессе межоперационного хранения печатных плат.

Этапы процесса, на которых целесообразно ингибирование меди:

- после химического меднения, так называемого толстослойного, используемого без электролитической затяжки;
- после удаления олова или сплава олово-свинец;
- после снятия резиста со слоев МПП или при тентинг-процессе;
- после нанесения маски.

Процесс антиокислительной обработки чрезвычайно прост и выполняется путем погружения заготовки в раствор концентрата «Анокс» (80–100 мл/л) при температуре 20–25 °С на время 3–5 мин. Затем следуют промывка и сушка при температуре 50–60 °С. После такой обработки заготовки хранятся в условиях цеха в течение не менее одного-двух месяцев без каких-либо признаков окисления.

Обработка отверстий многослойных печатных плат

Удаление диэлектрической пленки эпоксидной смолы, наволакиваемой на стенки отверстий и торцы контактных площадок внутренних слоев многослойных печатных плат (МПП) в результате воздействия повышенной температуры при сверлении, является одной из важнейших задач в производстве МПП. Качество металлизации и надежность межслойных соединений во многом зависят от проведения этой операции.



Рис. 5. Диэлектрическая пленка эпоксидной смолы

Как видно из рис. 5, наволакивание может привести к полному отсутствию связи между столбом металлизации в отверстии и внутренним слоем.

Очистка отверстий может осуществляться несколькими способами.

Плазмо-химическое травление

Обработка плазмой проводится в специальном оборудовании и длится 30–40 мин. При этом происходит разрушение полимерных цепей и стекла с образованием таких газообразных веществ, как CO_2 , H_2O , SiF_4 , H_2 . Иначе говоря, под воздействием плазмы «наволакивание испаряется» и стенки отверстий очищаются.

Достоинства процесса плазмо-химического травления:

- полное удаление наволакивания;
- процесс «сухой», нет проблем с обработкой сточных вод, выполнением анализов. Недостатки процесса:
- образование золы в отверстиях, наличие остаточных электростатических зарядов;
- требуется организация газобаллонного хозяйства (для получения плазмы);
- большие капитальные затраты на оборудование и значительная энергоёмкость;
- требуется очистка выхлопных газов в газоочистительной установке для предотвращения выброса фреона и образующихся фтористых соединений для защиты озонового слоя атмосферы.

Перманганатная очистка

Процесс имеет ряд неоспоримых преимуществ перед другими процессами. Достоинством его является то, что он осуществляется в единой линии с процессом последующей металлизации, без использования дополнительного оборудования. Кроме того, он позволяет не только снять наволакивание, но и придать стенкам отверстий шероховатость, достаточную для быстрого поглощения катализатора, что необходимо для процессов последующей металлизации.

Насколько важно использовать наиболее эффективные составы и режимы обработки при очистке отверстий МПП, видно из рис. 6 и 7.

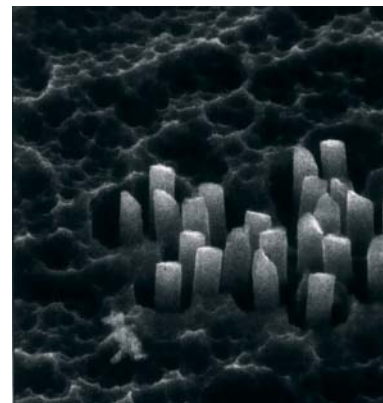


Рис. 6. Недостаточное травление стекла

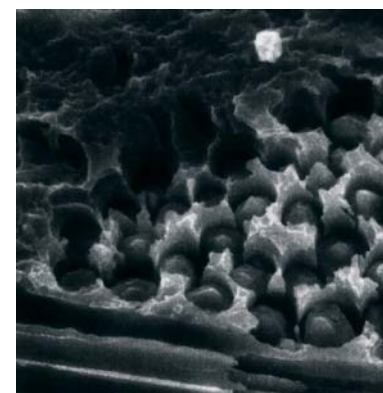


Рис. 7. Перетравливание стекла

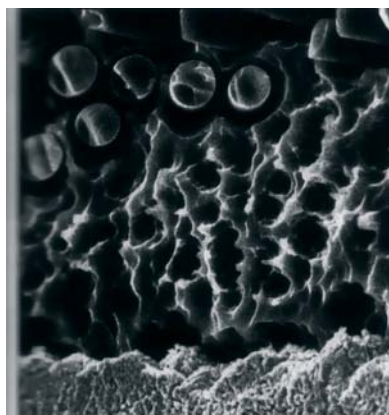


Рис. 8. Оптимальная обработка

При оптимальном режиме обработки стенки отверстий должны выглядеть как на рис. 8.

Процесс ПО 400 перманганатной обработки отверстий МПП СПБЦ «ЭЛМА»

Процесс ПО 400 включает в себя три основных этапа:

- сенсibilизация в щелочном растворе ПО 401;
- обработка в регенерируемом растворе перманганата ПО 402;

- нейтрализация в растворе ПО 403. После каждого этапа следует промывка водой.

Сенсibilизация

Сенсibilизатор ПО 401 — это химический состав, который эффективно очищает отверстия от частиц, остающихся после сверления, а также сенсibilизирует и кондиционирует стенки отверстий для оптимальной обработки в следующей ванне перманганатной обработки ПО 402.

Режим процесса: температура — 66–70 °С, время — 8–10 мин.

Перманганатная обработка ПО 402

Состав ПО 402 — это щелочной раствор, содержащий окислители. ПО 402 обеспечивает получение микрошероховатой поверхности для лучшей абсорбции катализатора, значительно улучшает адгезию меди к стенкам отверстий и устраняет возможность образования пустот благодаря исключению натеков смолы при сверлении.

Перманганатный очиститель ПО 402 может регенерироваться электрохимическим путем или путем химической корректировки.

Режим процесса: температура — 66–71 °С, время — 8–10 мин.

Нейтрализация ПО 403

Состав ПО 403 нейтрализует и удаляет остатки марганца после процесса перманганатной обработки. Наличие в ПО 403 компонента для травления стекла усиливает матирование стекловолокон и адгезию меди к стеклянной части стенок отверстия.

Режим процесса: температура — 38–43 °С, время — 3–5 мин. Далее следует процесс предварительной металлизации отверстий.

Скорость удаления диэлектрического материала при перманганатной обработке зависит от типа смолы и для стеклоэпоксида ориентировочно составляет 0,4 мкм/мин.

При использовании процесса перманганатной обработки ПО 400 не происходит сильного вытравливания смолы с оголением стеклоткани, поэтому не возникает дефекта проникновения металлизации вдоль стекловолокон.

Соблюдение режимов обработки гарантирует получение высокого качества подготовки под последующую металлизацию.