



УДК 621.3  
doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-1



Open  
Access

RESEARCH  
ARTICLE

## Нанесение защитной паяльной маски на печатные платы

**Сергей Николаевич Баканов**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
kipra@pnzgu.ru

**Сергей Александрович Бростилов**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
brostilov@yandex.ru

**Татьяна Юрьевна Бростилова**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
tat-krupkina@yandex.ru

**Валерий Яковлевич Баннов**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
kipra@pnzgu.ru

**Роман Александрович Тихонов**

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
kipra@pnzgu.ru

**Аннотация.** Рассмотрены основные виды защитной паяльной маски. Описаны различные способы нанесения защитной паяльной маски на печатные платы.

**Ключевые слова:** защитная паяльная маска, печатные платы, экспонирование

**Для цитирования:** Баканов С. Н., Бростилов С. А., Бростилова Т. Ю., Баннов В. Я., Тихонов Р. А. Нанесение защитной паяльной маски на печатные платы // Инжиниринг и технологии. 2022. Т. 7(2). С. 1–4. doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-1

## Application of a protective solder mask on printed circuit boards

**Sergey N. Bakanov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
kipra@pnzgu.ru

**Sergey A. Brostilov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
brostilov@yandex.ru

**Tat'yana Yu. Brostilova**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
tat-krupkina@yandex.ru

**Valeriy Ya. Bannov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
kipra@pnzgu.ru

**Roman A. Tikhonov**

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia  
kipra@pnzgu.ru

**Abstract.** This article discusses the main types of a protective solder mask. Various methods for applying thereof to printed circuit boards are described.

**Keywords:** solder mask, printed circuit board, exposure

**For citation:** Bakanov S.N., Brostilov S.A., Brostilova T.Yu., Bannov V.Ya., Tikhonov R.A. Application of a protective solder mask on printed circuit boards. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2022;7(2):1–4. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-1



Как правило, печатные платы подвержены влиянию окружающей среды (пыль, грязь, влага, микрофлора и др.). Кроме того, печатные проводники на наружных слоях оказываются просто без электрической изоляции, что может стать причиной всяческих отказов в работе аппаратуры. Эти проблемы решаются при помощи защитного изоляционного покрытия [1–3].

Паяльная маска – это тот элемент технологии печатных плат, который кроме своих основных функций (защита проводников и диэлектрика платы, экономия припоя, повышение разрешающей способности монтажа) несет еще и дополнительную – определяет внешний вид платы.

Многие заказчики очень внимательно относятся к внешнему виду платы и маски. Что касается цвета маски, то наряду с традиционным зеленым к стандартным цветам уже можно отнести красный, синий, черный, белый. Например, белый цвет маски чаще всего используют на печатных платах, где будут монтироваться светодиоды (лампах) для лучшего отражения света, также важен оттенок маски – матовый, стандартный, блестящий.

В отличие от лакировки маска не обеспечивает полной защиты всей платы, но снижение общей стоимости производства является главным аргументом в пользу последнего варианта, тем более что при использовании защитной маски решается ряд других задач.

Применение защитного рельефа в качестве паяльной маски существенно повышает качество монтажа. Защитная маска на поверхности печатных плат оставляет окна в местах пайки. Маркировка обозначений мест установки монтажных элементов является одним из способов использования защитного рельефа [4, 5].

В сущности, большинство требований к паяльной маске касается следующих критериев:

- 1) внешний вид;
- 2) толщина пленки;
- 3) адгезия;
- 4) твердость поверхности;
- 5) устойчивость к пайке;
- 6) электрические характеристики;
- 7) влагостойкость и сопротивление изоляции;
- 8) стойкость к гидролитическому воздействию;
- 10) электрохимическая миграция;
- 11) горючесть.

Для процесса нанесения защитной маски требуется чистая комната с температурой 20–25 °С, относительной влажностью 50–60 % и неактивное освещение (желтый свет). Не допускается воздействие прямых и отраженных солнечных лучей и ламп дневного света. Соблюдение требований по температуре и влажности в помещении имеет большое значение. Так как материал паяльной маски в жидком виде сильно гигроскопичен, повышенная влажность воздуха вызывает ухудшение тиксотропности маски, в результате чего маска теряет способность удерживаться на поверхности проводников, стекает и скапливается между ними на основании платы. Изменения температуры приводят к конденсации влаги на поверхности маски, изменению вязкости и толщины маски, а следовательно, условий полимеризации, т.е. к нарушениям технологии и браку в покрытии.

Процесс формирования защитной паяльной маски можно разделить на несколько этапов.

1. Подготовка поверхности.
2. Нанесение защитной маски.
3. Предварительная сушка.
4. Экспонирование.
5. Проявление.
6. Финальная сушка.

Для исключения электрокоррозии требуется чистая сухая обезжиренная медная поверхность по топологии печатной платы. Существуют два способа подготовки поверхности: механический и химический. В зависимости от оборудования, которое установлено на предприятии-изготовителе, последовательность в процессе подготовки может незначительно отличаться, но общий процесс един.

Механическая подготовка: первый модуль – кислотная промывка ( $H_2SO_4$ ) + зачистка щетками по слою гальванической меди. Второй модуль – пемзовая очистка + кислотная промывка по слою гальванической меди. Такой способ подготовки подходит для плат низкого класса точности, для плат 4-го и выше класса точности механическая подготовка крайне не рекомендуется, так как во время зачистки тонкие либо одиночные проводники могут не выдержать физических воздействий и обрваться. Если на платы в дальнейшем планируется наносить иммерсионное золото или любое другое



тонкое покрытие, то на монтажных площадках будут отчетливо видны механические повреждения меди (царапины) после золочения.

Химическая подготовка: первый модуль – специализированные процессы микро травления (MEC EtchBond, INCIDE H99 и т.п.). Второй модуль – персульфат натрия и т.п. Для модулей промывки требуется деминерализованная вода (мягкая). Рекомендуется деионизованная вода.

Наилучшее качество и адгезию обеспечивает химическая подготовка (микро травление) за счет создания микрошероховатой поверхности, обеспечивающей механическое сцепление. После такой подготовки медная поверхность печатных плат остается гладкой и ровной, без царапин и рытвин, как после механической подготовки.

Для современного производства печатных плат характерно применение фоточувствительных защитных паяльных масок. Они, как и фоторезисты, могут быть жидкими и сухими пленочными. Жидкие маски водно-щелочного проявления представляют собой термоотверждаемые двухкомпонентные системы, состоящие из фоторезиста и отвердителя. Эти два компонента смешивают непосредственно перед нанесением маски, так как время жизни в смешанном состоянии не более 72 ч. В отдельных случаях к маске добавляют немного (до 3 %) разбавителя.

Один из способов нанесения такой маски: струйно-факельное напыление. Этот метод позволяет получить практически идеальное покрытие на краях высоких печатных проводников паяльной маской с низким расходом фоточувствительного резиста и достаточной толщиной паяльной маски между соседними печатными проводниками. Фоточувствительный резист для напыления паяльной маски имеет текучесть большую, чем резист, используемый для трафаретной печати.

Принцип работы установки: распылительная головка перемещающимися движениями вдоль заготовки совершает многократные проходы, распыляя маску на поверхность заготовки. В распылительной головке применяются струи воздуха, направленные с противоположных сторон на непрерывный поток маски с целью генерирования распыленных частиц, наносимых на заготовку под действием давления распыления в сочетании с направленным потоком воздуха. Процесс распыления может проходить как с одной, так и двух сторон заготовки одновременно.

Сеткография: на всю поверхность платы маску наносят с помощью сетки и ракеля. При использовании сетки из полиэфирных нитей можно получить толщину слоя маски примерно 20–35 мкм.

Основные принципы сеткографии. Заготовка платы может удерживаться на столе с помощью вакуумного прижима, сетка при этом отделена от основания небольшим зазором. При каждом проходе ракеля сетка приводится в контакт с поверхностью платы и маска с сетки тонким слоем переносится на поверхность платы.

Ракель изготавливается из резины или полиуретана. Последний материал сохраняет острый профиль ракеля при длительной эксплуатации и поэтому часто применяется в автоматической сеткографии. Ракель не продавливает краску через шаблон на поверхность печатной основы, как часто думают. Краска переносится с шаблона силой поверхностного натяжения, и только в этом случае может быть получен удовлетворительный отпечаток.

Номер сетки (число нитей на сантиметр), толщина сетки и размер открытой области являются факторами, влияющими на количество наносимой краски и качество получаемого изображения. В целом, чем больше номер сетки, тем меньше толщина наносимого слоя и выше четкость получаемого отпечатка. Сетки изготавливаются из различных материалов: шелка, полиэстера, нейлона, нержавеющей стали, металлизированного полиэстера. Обычно используются сетки с тремя углами: 90°, 45° и 22,5°.

По аналогии с сухими пленочными фоторезистами существуют сухие пленочные защитные паяльные маски. Для их нанесения на плату нужны ламинаторы – вакуумные или валиковые. Обработка таких масок аналогична операциям с сухими пленочными фоторезистами. Существует метод тентирования переходных отверстий сухой паяльной маской с последующим нанесением жидкой паяльной маски.

Перед экспонированием маску сушат при температуре 75–85 °С. Делать это можно в обычном сушильном шкафу, если он гарантирует постоянство температуры при достаточном отводе растворителя. Однако лучше использовать циркуляционную печь с подачей свежего воздуха, разумеется, без нарушения постоянства температуры.

Экспонирование осуществляется через фотошаблон на установке Oles с помощью ламп ультрафиолетового излучения мощностью 5–7 кВт с использованием металлогалоидных ламп (с присадкой Fe). Максимальная температура в зоне экспонирования не превышает 30–35 °С. Полимеризация паяльных масок происходит в диапазоне волн 350–400 нм. Энергия экспонирования находится в пределах 150–400 мДж/см в зависимости от цвета маски. Темный цвет маски – требуется больше энергии



для полимеризации, как и глянцевая поверхность из-за эффекта отражения. Такой метод экспонирования подходит для 4-го и ниже класса точности, так как погрешность присовмещения фотосаблона с заготовкой может достигать больше 50–70 микрон.

Для печатных плат 5-го и выше класса точности рекомендуется использовать оборудование прямого экспонирования, такое как Miva или Apollon, предварительно индивидуально подобрав режимы засветки для паяльной маски благодаря широким настройкам и мощности экспонирования. Точность (погрешность) этих установок может достигать 20 микрон и меньше.

Дополнительная УФ-обработка (постполимеризация маски) позволяет добиться улучшения характеристик масочного покрытия: повышение химической стойкости к процессам химического никелирования, золочения и иммерсионного лужения; снижение ионных загрязнений от флюсов для HAL-процессов; предупредительная мера от побеления маски вследствие абсорбции влаги после HAL-процессов. Мощность УФ-удара – 2000–3000 мДж/см<sup>2</sup>.

Проявление паяльных масок производится на конвейерных установках при использовании струйного распыления в 1 % растворе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при температуре 30 °С. Давление распыления – 0,2 МПа (2,0–2,5 кг/см<sup>2</sup>), время проявления – 60–90 с.

Не позднее, чем через 4 ч после проявления маску необходимо подвергнуть отверждению (термозадубливанию) в течение примерно 60 мин при температуре около 150 °С.

### Список литературы

1. Крылов В. П. Технологии и подготовка производства печатных плат : учеб. пособие. Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. 64 с.
2. Брусницына Л. А., Степановских Е. И. Технология изготовления печатных плат : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2015. 200 с.
3. Ильин В. А. Технология изготовления печатных плат. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. 77 с.
4. Медведев А. Печатные платы. Конструкции и материалы. М. : Техносфера, 2005. 304 с.
5. Медведев А. Технология производства печатных плат. М. : Техносфера, 2005. 360 с.

### References

1. Krylov V.P. *Tekhnologii i podgotovka proizvodstva pechatnykh plat: ucheb. posobie* = *Technologies and preparation for the production of printed circuit boards*. Vladimir: Izd-vo Vladim. gos. un-ta, 2006:64. (In Russ.)
2. Brusnitsyna L.A., Stepanovskikh E.I. *Tekhnologiya izgotovleniya pechatnykh plat: ucheb. posobie* = *PCB manufacturing technology*. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo un-ta, 2015:200. (In Russ.)
3. Il'in V.A. *Tekhnologiya izgotovleniya pechatnykh plat* = *PCB manufacturing technology*. Leningrad: Mashinostroenie, Leningr. otd-nie, 1984:77. (In Russ.)
4. Medvedev A. *Pечатные платы. Конструкции и материалы* = *Printed circuit boards. Structures and materials*. Moscow: Tekhnosfera, 2005:304. (In Russ.)
5. Medvedev A. *Tekhnologiya proizvodstva pechatnykh plat* = *Technology for PCB production*. Moscow: Tekhnosfera, 2005:360. (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 10.03.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 11.04.2022

Принята к публикации / Accepted 11.05.2022