

# Защитная паяльная маска: с самого начала

**Технологии нанесения и обработки защитных паяльных масок известны давно. С развитием электронной промышленности изменялись требования к печатным платам в целом и паяльным маскам в частности. Для того чтобы отвечать современным запросам, предугадывать дальнейшие тенденции и искать новые направления для разработок, необходимо четкое понимание, что представляет собой маска как материал и каковы предпосылки и история ее создания.**

Никита Петров

rnd\_chemist@mail.ru

## Определение и назначение паяльной маски

При изготовлении печатных плат для изделий электроники используется паяльная маска, при пайке защищающая проводники от попадания припоя и флюса, а также от перегрева. Паяльная маска применяется при производстве 97,7% всех печатных плат.

Маска — термостойкий полимерный защитный материал, который наносят избирательно на отдельные участки печатной платы, чтобы предохранить их от попадания припоя. Она закрывает проводники и оставляет открытыми контактные площадки и разъемы, а также является защитным слоем для готовой печатной платы со сформированным рисунком в последующих процессах — при выравнивании припоя горячим воздухом (HAL) и поверхностном монтаже (рис. 1).

Диэлектрическая основа платы, стеклотекстолит, не обладает достаточной термостойкостью при температурах пайки, которые достигают порядка +220...+260 °С. Без защитного термостойкого покрытия за время пайки, составляющее 0,5–2,5 мин,

может произойти поверхностная деструкция материала диэлектрика [1].

Назначение защитной паяльной маски:

- представляет собой хорошую механическую, термическую и химическую защиту печатных плат;
- предотвращает образование паяльных перемычек, или так называемых мостиков припоя, между элементами рисунка и тем самым расширяет возможности получения рисунка высокой плотности на наружных слоях;
- служит защитой проводников от окисления в процессе эксплуатации;
- служит изоляцией на поверхности монтажа компонентов;
- дает экономию припоя при использовании процесса горячего лужения;
- уменьшает загрязнение ванны припоя (прежде всего растворенной медью или золотом);
- создает влагозащиту для печатных плат;
- увеличивает срок службы и надежность плат;
- обеспечивает внешний вид платы.

## Классификация, преимущества и недостатки

Защитные паяльные маски можно классифицировать по различным признакам. Паяльные маски бывают сухие и жидкие, однокомпонентные и двухкомпонентные, фоточувствительные и нефоточувствительные. Можно также разделить маски по цвету или применяемому методу нанесения.

В основном паяльные маски делят на сеткографические и фотоформируемые, по методу получения изображения. Сеткографические нефоточувствительные паяльные маски представляют собой жидкие однокомпонентные или двухкомпонентные полимерные системы на основе эпоксидных смол. Технология их применения такова: рисунок формируется с помощью сеткографической маски, нанесенной на участки печатной платы, которые требуют защиты и последующего термического отверждения. При дешевизне и отработанной годами технологии сеткографические маски имеют основной недостаток — низкую разрешающую способность и необходимость использования сеткографического трафарета [2]. Повторяемость

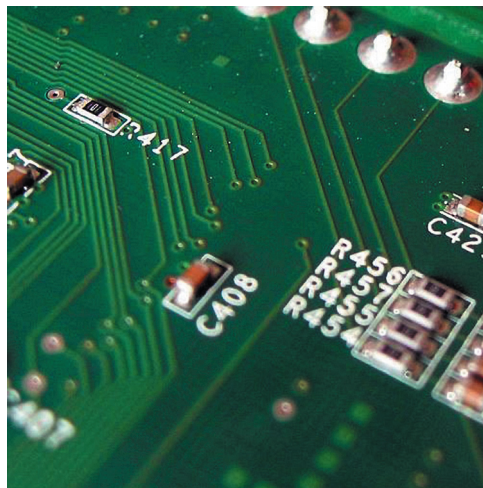
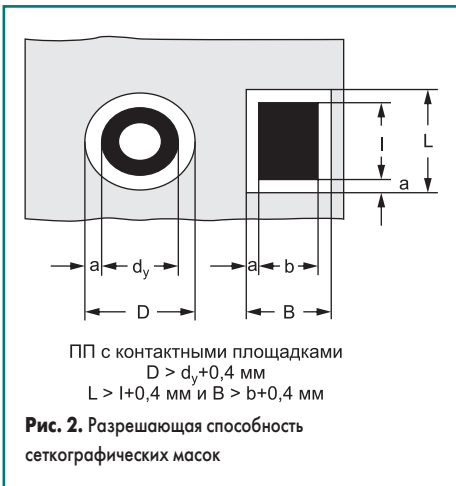


Рис. 1. Фрагмент печатной платы с защитной паяльной маской



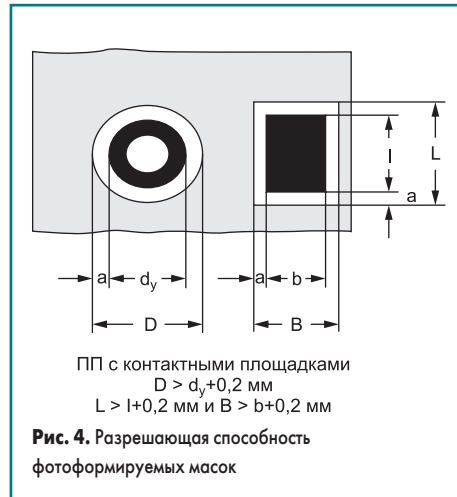
сеткографической печати составляет около  $\pm 0,2$  мм (рис. 2). Нужный зазор вокруг контактной площадки до края масочного покрытия соответственно должен быть не менее этого значения. Таким образом, нефоточувствительные паяльные маски имеют ограниченное применение для высокотехнологичных печатных плат.

Поскольку сеткографические маски практически уходят в прошлое и утрачивают популярность, массовое распространение получают фотоформируемые маски, которые в свою очередь делят на сухие и жидкие.

В настоящий момент сухие паяльные маски используются редко и целесообразны лишь при мелкосерийном и единичном выпуске, где критично время производственного цикла, а также при изготовлении плат с теплоотводом. Сухие паяльные маски представляют собой сухой полимерный фоточувствительный пленочный материал толщиной 100 мкм и более, наносимый на печатные платы методом вакуумного ламинирования. Основные преимущества сухих паяльных масок:

- способность к образованию приподнятых затеняющих зон;
- упрощение техпроцесса за счет отсутствия операций сушки и термоотверждения;
- минимальное время цикла, что особенно заметно при изготовлении двухсторонних плат;
- идеальная равномерность толщины;
- возможность покрытия маской выступающих проводников и деталей [1].

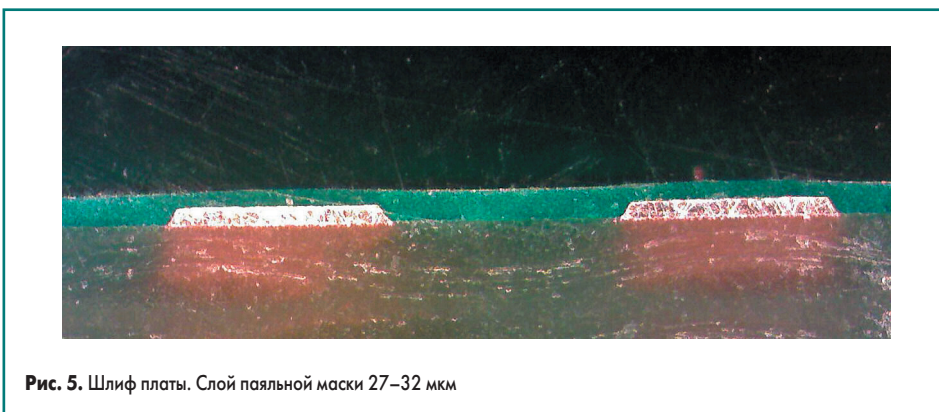
Жидкие фоточувствительные паяльные маски позволяют получать изображения с высоким разрешением и точностью совмещения (рис. 3, 4). Точность нанесения при исполь-



зовании жидкой фоточувствительной маски составляет около  $\pm 0,1$  мм [2].

Жидкая фоточувствительная водопроявляемая паяльная маска — это двухкомпонентная высоконаполненная, чувствительная к ультрафиолетовому излучению полимерная система, выполненная на основе модифицированных эпоксидных смол. Ее в жидком состоянии наносят на плату любым удобным методом, предварительно подсушивают до отлипа для испарения растворителя, затем после экспонирования в УФ-лучах, формирующего рисунок, и окончательного термического отверждения получается прочный несмываемый защитный слой толщиной примерно 27–32 мкм (рис. 5).

- К достоинствам жидких масок относятся:
- высокая разрешающая способность (до 50 мкм), что предоставляет возможность работы со сверхмалыми элементами и многослойными платами;
  - возможность получения рисунков любой сложности при высокой плотности;
  - независимость от способа нанесения;
  - высокая технологичность и максимальная производительность;
  - механическая, термическая, химическая и электрическая прочность;



- возможность использования на поточных линиях;
- стойкость к гальванике и химическим процессам;
- минимальная адгезия по отношению к припою;
- пригодность к бессвинцовой пайке;
- более высокая адгезия по сравнению с пленочным резистом;
- стойкость к растворам иммерсионного золочения;
- более низкая стоимость материала.

Благодаря всем перечисленным качествам жидкие фоточувствительные водопроявляемые защитные маски обрели в настоящее время максимальную популярность и нашли широкое применение на предприятиях электронной промышленности.

### С самого начала

До появления огромного выбора высокотехнологичных фоточувствительных защитных паяльных масок, пригодных для выполнения различных задач, данный продукт прошел долгий путь развития. Защитные паяльные маски применялись уже с 1950-х годов, в основном для уменьшения коррозии, которая действовала на проводники и компоненты. На поверхность печатных плат наносились различные составы эпоксидных смол, подобные тем, что теперь мы знаем как конформные покрытия. Целенаправленная разработка и промышленное производство началось чуть позже [3].

В мае 1961 года японской компанией Tamura Corporation была создана защитная паяльная маска для печатных плат. В мае 1973-го еще одна японская компания, Taiyo, разработала и начала маркетинг однокомпонентной термически отверждаемой паяльной маски на основе эпоксидной смолы.

В Европе такие маски появились чуть позже. В 1974 году итальянская компания Sirpi Srl представила свою первую двухкомпонентную защитную паяльную маску. В 1977-м немецкая компания Peters выпустила легко снимающуюся паяльную маску для закрытия золотых контактов в процессе пайки, а спустя четыре года предложила паяльную маску с оптимизированными характеристиками для метода нанесения сеткографией и пригодную для процесса HAL. Серия паяльных масок Elpremer этой компании хорошо известна и в нашей стране.

В конечном счете, маски были защитным покрытием, выполненным методом сеткографии перед сборкой платы. Области, которые предназначались для пайки, закрывались. Таким образом удавалось сохранить платы в чистоте, уменьшить коррозию и окисление, однако покрытие олово/свинец, используемое для проводников, плавилось во время пайки и приводило к отслаиванию маски. Из-за широкого интервала между проводниками это рассматривалось скорее как косметическая, чем функциональная проблема. В конце 1970-х появились методы пайки горячим воздухом, что позволяло без проблем удалять после травления покрытие олово/свинец. Затем можно было наносить паяльную маску

на медные проводники, оставляя покрытые металлом отверстия и контактные площадки свободными от масочного слоя.

Шло время, технологии развивались, отверстия становились все меньше, а проводники — все более плотно упакованными. Именно тогда на смену жидкой эпоксидной паяльной маске пришла сухая пленочная маска. Впервые ее начали использовать в США, в то время как в Европе и Японии [3] занялись созданием фотоэкспонируемых масок.

В 1982 году компания Sirpi Srl выпустила УФ-отверждаемый резист. В апреле 1976-го Tamura Corporation разработала основу для жидкой фотоотверждаемой маски. Серия паяльных фоточувствительных водопрозрачных жидких масок FINEDEL этой компании широко известна на мировом рынке. В Европе маски, выполненные на основе растворителя Probimer, наносились на платы методом полива через завесу. Японцы сосредоточились на процессах сеткографии, использующих различные водопрозрачные жидкие фоточувствительные паяльные маски.

В июне 1984 года на шоу JPCA (Japan Electronics Packaging and Circuits Association) компания Taiyo представила жидкую защитную водопрозрачную паяльную маску, способную к более точному проявлению и отвечающую требованиям к увеличению плотности проводников в производстве печатных плат. В настоящее время паяльные маски серии PSR-4000, изготовленные компанией Taiyo, достаточно распространены и в России. В апреле 1985-го Tamura Corporation разработала фоточувствительную жидкую защитную паяльную маску, и сегодня существуют различные марки масок серии DSR данной фирмы.

Английская компания Electra Polymers, автор многочисленных инновационных продуктов для промышленного применения, в 1987 году изготовила двухкомпонентную жидкую защитную водопрозрачную фоточувствительную паяльную маску, предназначенную и для процесса нанесения методом факельно-форсуночного напыления. Серия паяльных масок Saгарасе представлена сегодня и в нашей стране.

Итальянская Sirpi Srl предложила свою фоточувствительную жидкую защитную паяльную маску лишь в 1993 году. Компания Sirpi Srl сотрудничала с другой известной фирмой

по производству полимеров, пигментов и красителей для полиграфических красок — Ciba, также выпустившей собственную серию фоточувствительных жидких паяльных масок Probimer.

В промышленности обычно применялись три основных типа масок — теплоотверждаемые сеткографические маски, сухие пленочные и жидкие фоточувствительные маски. Все три типа использовали стандартное оборудование для нанесения и отверждения. Тепловые маски преобладали в течение многих десятилетий, затем постепенно стали заменяться жидкими фоточувствительными масками, хотя и были самой дешевой и отработанной альтернативой. Основной их недостаток — низкая разрешающая способность. Метод нанесения сеткографии постепенно терял свою привлекательность из-за трудностей, возникающих при его использовании. У сухой пленочной маски есть определенные преимущества, упомянутые выше, но постепенно ее популярность сокращалась, так как начали появляться новые, усовершенствованные жидкие фоточувствительные паяльные маски.

К середине 1990-х водопрозрачные жидкие фотоформируемые защитные паяльные маски доминировали в промышленности со специализированным оборудованием, разработанным для их использования. Объемы применения жидких фотоэкспонируемых паяльных масок в мире постоянно растут и в настоящее время превышают 90%. Для сравнения: объемы применения сухих пленочных резистов составляют меньше 3%.

Развитие электронной промышленности, рост потребности в новых материалах привели к увеличению количества фирм, разрабатывающих и производящих защитные паяльные маски. Большая часть таких компаний сосредоточена в азиатских странах.

Тайваньская компания Eternal, занимающаяся изготовлением смол и мономеров для различных отраслей промышленности, в 1990-м предложила сухой пленочный резист, а спустя четыре года выпустила на рынок свою жидкую фоточувствительную паяльную маску. Еще одна тайваньская компания, NanYA, известная на российском рынке и производящая полимеры и смолы, тоже имеет в ассортименте жидкую защитную паяльную маску серии LP-4G. Другими производителями паяльных масок

в Тайване являются фирмы Onstatic, Chung Yu, Greencure.

Сингапурская компания Union Inks and Graphics Pte Ltd, выпускающая смолы и мономеры для различных отраслей промышленности, а также чернила для различных видов печати, тоже выпустила жидкую паяльную маску.

Китайская фирма Kuang Chun имеет в своей серии KSM не только термически отверждаемые сеткографические паяльные маски, но и фоточувствительные паяльные маски. Жидкие фоточувствительные паяльные маски представлены и такими китайскими компаниями, производящими материалы для электронной промышленности, как Delada, Fotochem, Rongda, и другими.

Мировой производитель пигментных паст и чернил для флексографической печати компания Sun Chemicals предлагает большую линию паяльных масок. Ее серия фоточувствительных водоразбавляемых паяльных масок XV501T-4 широко используется и у нас в стране. Еще одна американская компания Florida Cir Tech, изготовитель материалов для электронной промышленности, производит и жидкие фоточувствительные паяльные маски. Известная компания Huntsman также выпускает паяльные маски. Словом, сегодня технологии изготовления и применения паяльных масок имеют массовое распространение практически во всех развитых странах. Доступен широкий ассортимент паяльных масок под любые технологические процессы.

Развитие электронной промышленности, увеличение классов точности печатных плат, повышение сложности и плотности проводников стимулирует развитие новых типов паяльных масок, модификацию существующих рецептур, поиск новых классов веществ.

В следующей статье речь пойдет о взаимосвязи между требованиями, предъявляемыми к жидким паяльным маскам, и материалами, из которых их изготавливают.

## Литература

1. Медведев А. М. Печатные платы. Конструкции и материалы. М.: Техносфера, 2005.
2. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат. М.: Форум: Инфра-М, 2005.
3. [www.4pcb.com](http://www.4pcb.com)