

# Влияние применения двойной защитной маски на качество нанесения пасты через трафарет и, как следствие, на качество пайки микросхем в корпусах BGA

## Вводные данные

Многослойная структура, III класс надежности.

## Цель проведения исследования

В процессе производства печатных плат на них была нанесена двойная защитная паяльная маска. В сопроводительной записке к комплекту гербер-файлов на печатную плату указана возможность использования как жидких, так и сухих масок. Финишная толщина маски в сопроводительной документации не указана. Теоретически толщина маски увеличится. Каковы предпосылки нанесения двойной защитной маски? Скажется ли применение двойной защитной маски на качестве монтажа?

## Исследование

Технология двойной защитной маски применяется при производстве сложных печатных плат, которые предполагается использовать в особо ответственной аппаратуре, в тех случаях, когда обычные маски не способны удовлетворить требования стандарта IPC-A-600E, согласно III классу надежности. Эта технология позволяет добиться наилучших результатов качества защитного покрытия и его надежности. Благодаря комбинации двух типов маски достигаются такие параметры, как высокая точность нанесения маски и формирования окон в ней, свойственная тонким маскам типа LPI (liquid photo imageable). В то же время достигается высокая надежность, прочность, стойкость и плоскостность, свойственная толстым маскам типа DFM (dry film solder mask). Помимо этого, технология двойной маски позволяет более качественно заполнять переходные отверстия, сохраняя при этом высокую степень плоскостности поверхности платы.



Рисунок 1. Двойная защитная маска

Суть технологии нанесения двойной защитной маски состоит в следующем. На первом этапе на плату обычным способом наносится маска типа LPI с небольшим отклонением от типового технологического процесса нанесения. Это отклонение состоит в пониженной вязкости неотверженной акриловой смолы. Пониженная вязкость достигается добавлением большего количества растворителя, при неизменном количестве смолы и отвердителя. Вследствие низкой вязкости смолы происходит качественное заполнение мелких переходных отверстий. Заполнение такого качества недостижимо при использовании смолы нормальной вязкости, так как вследствие капиллярных эффектов не происходит полного протекания смолы в полость мелких переходных отверстий. Однако понижение вязкости смолы создает ряд трудностей.

- Во-первых, вследствие повышенной текучести маска из смолы пониженной вязкости имеет небольшую толщину на поверхности элементов печатного рисунка. Особенно это заметно на площадках переходных отверстий в области сверлов. В этих местах

толщина маски после отверждения не соответствует требованиям III класса надежности стандарта IPC-A-600E.

- Во-вторых, поверхность платы довольно неровная: в местах, где расположены проводники, маска бугрится. Неровности покрытия особенно заметны при использовании базовой фольги достаточно большой толщины и толстого слоя гальванической меди (в рассматриваемом проекте толщина гальванической меди равна 30 мкм).
- В-третьих, в области переходных отверстий, на месте сверловки, образуются углубления. Чем ниже вязкость неотвержденной смолы, тем больше глубина углублений после отверждения смолы. Для печатных плат, на которых монтируются микросхемы в корпусах типа BGA, LGA, QFN и т.п., наличие ямок либо не допускается (корпуса с малым шагом выводов/шариков), либо строго регламентируется их глубина.

Второй этап технологии нанесения двойной защитной маски состоит в нанесении поверх отвержденного слоя маски пониженной вязкости второго слоя маски, с уже нормальными параметрами. При этом для обычных плат в качестве второго слоя применяется маска типа LPI, а для сложных плат с корпусами типа BGA, LGA, QFN, как правило, маска типа DFM малой толщины. Второй слой маски упрочняет покрытие, скрывает неровности, заполняет ямки в сверловках переходных отверстий, заполненных смолой на первом этапе. Совокупная толщина двойной маски в местах расположения элементов печатного дизайна не превышает 100 мкм, что не превышает типовых значений толщины большинства масок типа DFM.

На плате смонтирована микросхема серии OMAP5910 в корпусе типа BGA с шагом 1,00 мм и диаметром шарика 0,40..0,60 мм (согласно описанию производителя). Размер контактной площадки под шарик на плате составляет 0,40 мм. Предположим, что паста наносится с помощью трафарета толщиной 0,15 мм и имеет размер апертуры 0,40 мм. Номинальный диаметр шарика вывода составляет 0,50 мм.

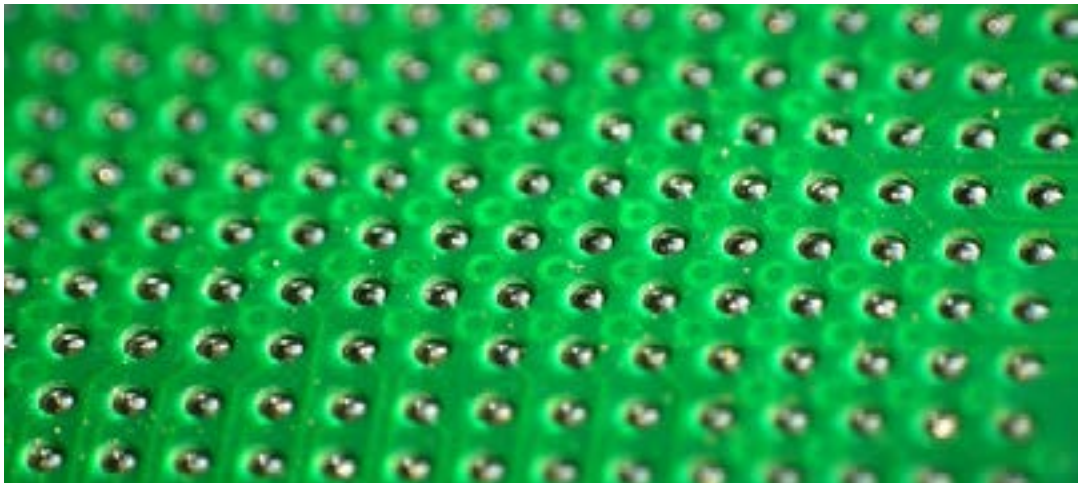


Рисунок 2. Контактные площадки платы

При диаметре апертуры в 0,40 мм диаметр окна под нанесение пасты составит:

$$S_{\text{пасты}} = \pi \cdot R^2 = 3,1415 \cdot 0,202^2 = 0,1256 \text{ мм}^2$$

При толщине трафарета, равной 0,15 мм, объем наносимой пасты составит:

$$V_{\text{пасты}} = S_{\text{пасты}} \cdot h_{\text{траф}} = 0,1256 \cdot 0,15 = 0,0188 \text{ мм}^3$$

Содержание припоя в пасте составляет по весу около 92%, а по объему – 51%. После рас-

плавления пасты и испарения флюса, содержащегося в ней, объем припоя составит:

$$V_{\text{прип}} = V_{\text{пасты}} \cdot \rho = 0,0188 \cdot 0,51 = 0,0096 \text{ мм}^3$$

Объем шарика припоя диаметром 0,50 мм составляет:

$$V_{\text{ном.шар.}} = \frac{4}{3} \cdot \rho \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot \rho \cdot 0,253 = 0,0654 \text{ мм}^3$$

Объем паяного соединения после отверждения составляет:

$$V_{\text{паян. соед.}} = V_{\text{прип}} + V_{\text{ном.шар.}} = 0,0096 + 0,0654 = 0,0750 \text{ мм}^3$$

Диаметр такого паяного соединения при условии, что оно примет шарообразную форму, составит:

$$D_{\text{паян. соед.}} = 2 \cdot (V_{\text{паян. соед.}} \cdot \frac{3}{4} / \rho)^{1/3} = 2 \cdot (0,0750 \cdot \frac{3}{4} / \rho)^{1/3} = 0,523 \text{ мм}$$

Допустим, что вследствие большой толщины маски будет нанесено удвоенное количество пасты. Т.е. к толщине трафарета добавим толщину маски в 0,15 мм (самые толстые маски типа DFM). Тогда количество нанесенной пасты составит:

$$V^{\text{пасты}} = S_{\text{пасты}} \cdot (h_{\text{траф}} + h_{\text{маски}}) = 0,1256 \cdot (0,15 + 0,15) = 0,0376 \text{ мм}^3$$

$$V^{\text{прип}} = V^{\text{пасты}} \cdot \rho = 0,0376 \cdot 0,51 = 0,0192 \text{ мм}^3$$

Объем паяного соединения в этом случае составит:

$$V^{\text{паян. соед.}} = V^{\text{прип}} + V_{\text{ном.шар.}} = 0,0192 + 0,0654 = 0,0846 \text{ мм}^3$$

Диаметр паяного соединения составит:

$$D^{\text{паян. соед.}} = 2 \cdot (V^{\text{паян. соед.}} \cdot \frac{3}{4} / \rho)^{1/3} = 2 \cdot (0,0846 \cdot \frac{3}{4} / \rho)^{1/3} = 0,545 \text{ мм}$$

Как видно из расчетов, значительное увеличение толщины маски мало влияет на увеличение объема паяного соединения (разница составляет 12,8%) и очень мало увеличивает диаметр паяного соединения (разница составляет 4,2%). Увеличение диаметра паяного соединения на 0,045 мм значительно меньше, чем отклонение диаметра шарика от номинального, декларируемое производителем ( $\pm 0,10$  мм). Более того, для корпусов BGA, которые выполнены на подложке из FR-4, (и) имеют большие линейные размеры и большое количество выводов при шаге 1,00 мм и менее, существует практика избыточного нанесения пасты на места пайки. Это способствует снижению брака пайки вследствие неравномерного линейного расширения и деформации изгиба подложки BGA-компонента при нагревании в печи.

## **Заключение**

Применение двойной защитной паяльной маски не сможет кардинально сказаться на увеличении ее толщины и, как следствие, на качестве паяных соединений корпусов типа BGA..