

# Как минимизировать образование пустот.

## Эксперимент от производителя паяльных материалов

**Вы поверите, если мы скажем, что пустоты в площадках заземления для корпусов QFN можно сократить более чем на 50%, не потратив ни копейки, а просто изменив апертуру шаблона? Меняя при этом размеры апертур не площадок заземления, где возникает проблема образования пор и пустот, а контактных площадок ввода/вывода? Мы тоже не верили. Поэтому тщательно исследовали этот вопрос, который условно назвали «AIM I/O».**

Тим О'Нилл (Tim O'Neill)

Перевод:  
Ольга Очур

На проведение эксперимента нас подтолкнуло исследование коллег из Университета Хуарес, Мексика. При изучении контактных площадок ввода/вывода на корпусах QFN ученые заметили, что если не наносить паяльную пасту на такие пло-

щадки, образование пор и пустот на площадках заземления значительно уменьшается. Действительно значительно. И заметных пустот там, где в обычных условиях они составляли 10–15% от размера площадки, не наблюдается.

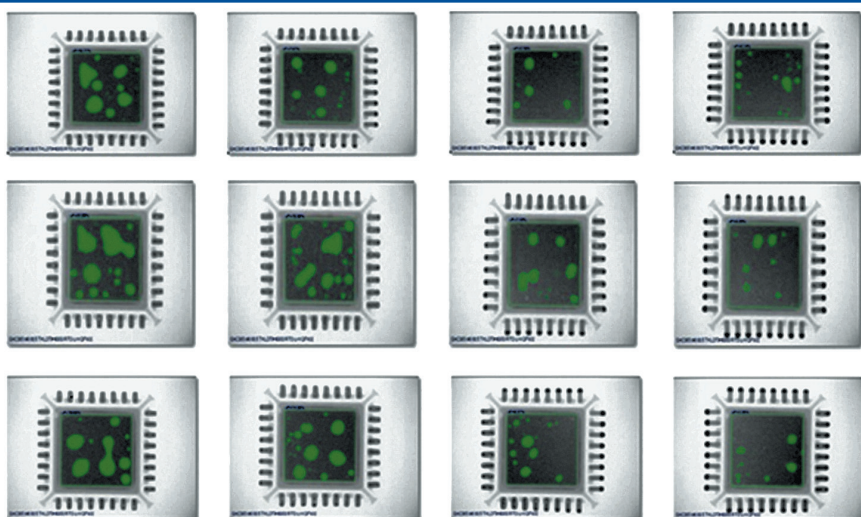
Инженеры из AIM решили пойти дальше и исследовать вопрос, какой же объем паяльной пасты на контактных площадках ввода/вывода будет способствовать уменьшению образования пустот. До сих пор большинство экспериментов фокусировалось на изменениях объема паяльной пасты, наносимой на площадки заземления, но не на площадке ввода/вывода. Для площадок заземления уже были опробованы различные формы апертур (в виде рамки, звезды, ромба и т. д.) все с одной и той же целью — обеспечить пути вывода газа, содержащегося во флюсах. Наш эксперимент состоял в том, чтобы проверить, каким образом изменение объема паяльной пасты, нанесенной на площадки ввода/вывода, влияет на формирование пустот на площадках заземления. Полученные результаты показаны на рис. 1.

Однако величина образца была достаточно мала, и тестирование проводилось только на корпусах одного размера. Скептики из AIM хотели получить больше данных и провели еще один эксперимент с различными размерами корпусов QFN и различными площадками ввода/вывода, чтобы убедиться, что результаты верны и для них. На рис. 2 показаны результаты изменения апертур для площадок заземления корпусов QFN различных размеров. Представленные данные показывают корреляцию между изменением апертур площадок ввода/вывода и значительным уменьшением пустот у площадок заземления.

Далее мы решили изучить подробно, как именно влияет размер апертур для нанесения паяльной пасты на контактные площадки ввода/вывода. Речь идет



**Рис. 1.** Уменьшение пустот на площадках заземления BGA как результат изменения размера апертур для площадок ввода/вывода, в то время как контактная площадка заземления имеет апертуру исходного размера и формы



**Рис. 2.** Повторяющиеся результаты уменьшения пустот с помощью изменения апертур для площадок ввода/вывода для разных размеров корпусов

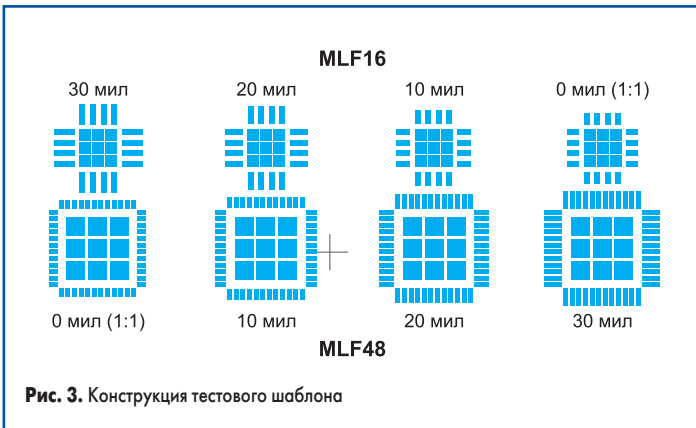


Рис. 3. Конструкция тестового шаблона

о нанесении паяльной пасты на площадку ввода/вывода с использованием апертуры, немного большей, чем площадка.

В этом эксперименте мы взяли три разных устройства в корпусе MLF и нанесли паяльную пасту на площадки ввода/вывода с использованием апертур разных размеров (рис. 3):

- равных размеру площадки, включая ее кромки;
- на 10 мил больше с каждой стороны площадки (включая кромки);
- на 20 мил больше;
- на 30 мил больше.

Экспериментальные образцы немедленно разместили в печи оплавления, чтобы не образовались шарики припоя, особенно это важно для бессвинцовых паяльных паст.

На рис. 4 показан эффект нанесения паяльной пасты с формированием пустот для трех корпусов QFN: 16, 32 и 48 I/O.

Пустоты уменьшились на треть и больше просто за счет увеличения объема нанесенной паяльной пасты на площадках ввода/вывода. Следующий вопрос: что послужило этому причиной? К сожалению, проникнуть внутрь печи для того, чтобы в реальном времени наблюдать процесс оплавления паяльной пасты, невозможно. А потому мы разработали теорию о том, что улучшает вывод газа во время процесса оплавления.

Наша теория проиллюстрирована на рис. 5. Контактные площадки ввода/вывода располагаются по периметру, поэтому они достигают температуры ликвидуса раньше, чем центр площадки. Припой и паста быстрее расплавляются по краям и растекаются, захватывая площадки ввода/вывода и поднимая компонент на некоторый, довольно короткий промежуток времени между расплавлением внешней и внутренней областей. Как только припой в центре площадки переходит в расплавленное состояние, корпус своим весом сплющивает его. Подъем компонента позволяет газу быстрее испариться и сосредоточиться в одном месте (под компонентом), а последующее сжатие жидкого припоя способствует быстрому выведению газа.

В наших экспериментах опорные штыри располагаются в центре площадки. Различные размеры апертур не влияют значительно на их высоту. Лишнее количество паяльной пасты, нанесенное на площадки ввода/вывода, перетекает к кромкам у корпуса и в рентгеновском излучении появляется в виде темных пятен. При проведении последнего эксперимента мы создали 5760 паяных узлов и не увидели ни перемычек, ни шариков припоя даже с апертурой на 30 мил длиннее контактной площадки.

Мы умышленно не делали ничего фантастического, использовали стандартные тестовые материалы и установки, популярную неочищенную паяльную пасту SAC 305 типа 4, нанесенную на шаблон толщиной 4 мил (100 мкм) из нержавеющей стали с нанопокрытием из фторполимера на обычной тестовой плате PCB2009. Применили обычный линейный профиль оплавления «наклон-пик». Большинство профилей оплавления, нацеленных на уменьшение пустот, имеют удлиненную часть теплового воздействия или зоны выдержки для испарения флюса перед тем, как припой достигнет температуры ликвидуса. Так как цель нашего исследования — оценить эффективность нанесения паяльной пасты с использованием апертур увеличенного размера для площадок ввода/вывода, то мы использовали самый простой и непрехотливый термальный профиль.

Результаты рентгеновского контроля оценивались визуально и с помощью расчетов. На рис. 6 показано изображение в рентгеновском излучении и приведены данные для корпусов 48 I/O QFN. Из полученных

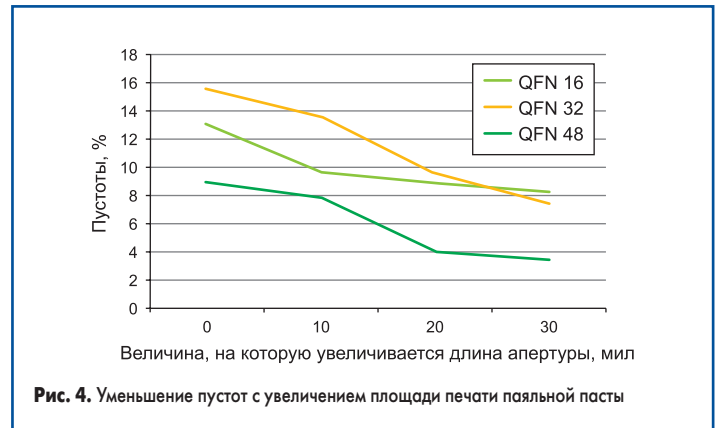


Рис. 4. Уменьшение пустот с увеличением площади печати паяльной пасты

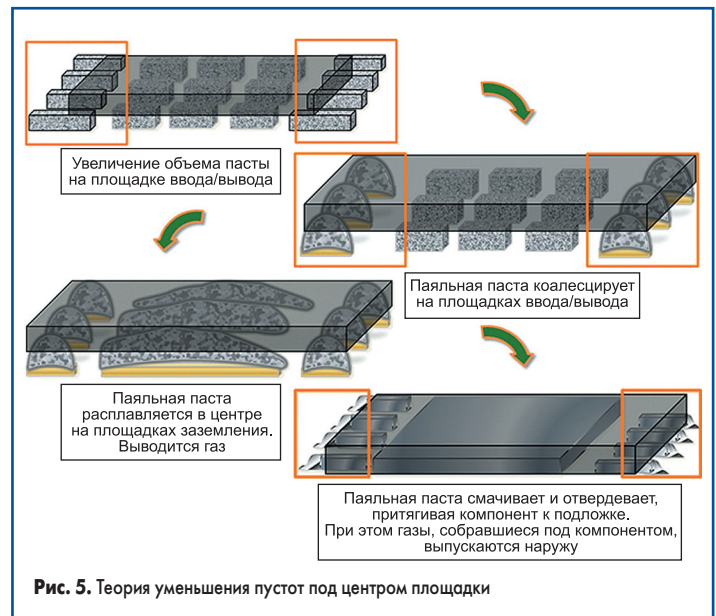


Рис. 5. Теория уменьшения пустот под центром площадки

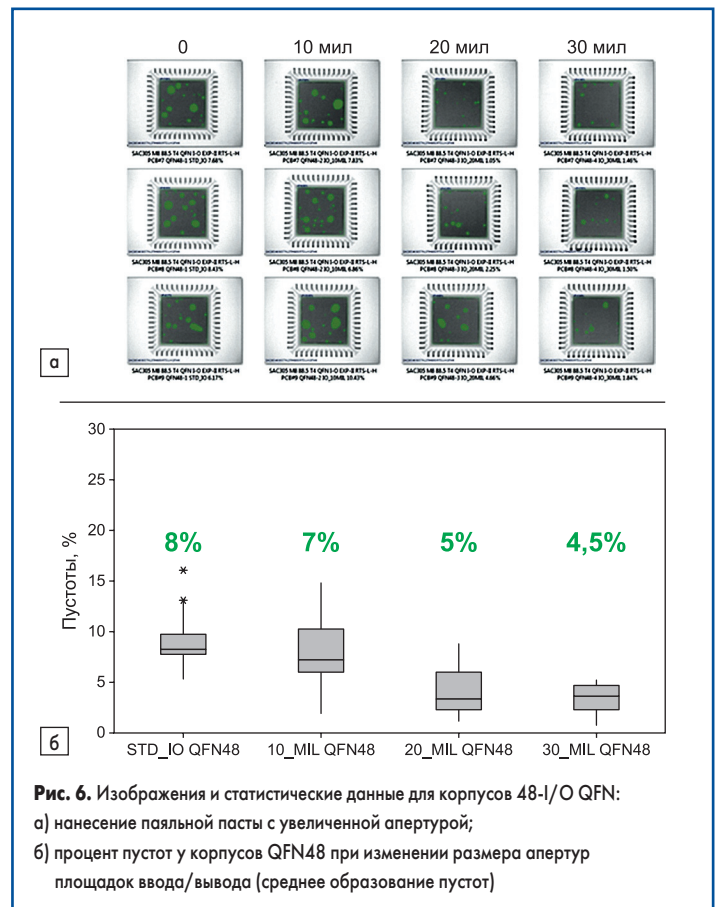


Рис. 6. Изображения и статистические данные для корпусов 48-I/O QFN:

результатов мы делаем вывод, что предлагаемая технология по уменьшению пустот работает. И количественные измерения это подтверждают.

Конечно, полученные результаты влекут за собой еще больше вопросов:

- Что будет, если попробовать другую паяльную пасту?
- Получится ли такой же результат с водорастворимой паяльной пастой?
- Будет ли профиль с большей выдержкой еще значительно уменьшать пустоты? И насколько?
- Будут ли уменьшаться пустоты при изменении объема паяльной пасты, наносимой на площадки заземления? Можем ли мы теперь добавить больше пасты на площадки заземления, чтобы увеличить высоту опорных штырей?

- Можно ли еще улучшить формы и размеры апертур площадок ввода/вывода, чтобы получить еще какие-нибудь результаты?

#### Выводы

Больше не нужно тратить много времени и денег на преформы, улучшать профили оплавления или экспериментировать, внедряя различные инертные газы в воздушную среду, в которой происходит оплавление. Увеличение объема паяльной пасты на площадках ввода/вывода — это простой и эффективный способ уменьшения пустот, который может решить многие проблемы, возникающие в ходе производства при использовании SMT-технологий. И что самое важное, бесплатно! ■■■