Монтажные станции Fineplacer со встроенным модулем вакуумной пайки

Одним из основных технологических этапов производства изделий микроэлектроники является монтаж кристаллов на основание/подложку с последующей их пайкой. Зачастую материалы припоев либо контактных слоев окисляются в процессе пайки, что приводит к ухудшению их электрических и прочностных характеристик. Другая немаловажная проблема пайки кристаллов заключается в образовании большого количества пустот внутри паяного соединения, что отрицательно влияет на эксплуатационную надежность изделий.

Юлия Борисова

Так, наличие большого количества пустот приводит к чрезмерному увеличению теплового сопротивления паяного соединения, что критично для изделий силовой микроэлектроники. В силовых модулях паяное соединение выполняет в первую очередь функцию теплопередачи и теплоотвода. Снижение теплопроводности ведет к перегреву модуля, а затем и к его отказу. Кроме того, пустоты в паяных соединениях вызывают снижение механической прочности межсоединений.

Общепризнанный метод решения этих проблем — проведение процесса пайки кристаллов в вакууме. Вакуумная пайка позволяет снизить количество пустот внутри паяного соединения (рис. 1) до приемлемого уровня*.

Как правило, при сборке изделий микроэлектроники монтаж кристаллов осуществляется на одном оборудовании (установке микромонтажа), а затем проводится пайка в вакууме — на другом оборудовании (в вакуумной печи). Такой метод не всегда удобен, поскольку, во-первых, требует физического перемещения изделия с установки монтажа в печь, а значит, изготовления специализированной оснастки, а во-вторых, далеко не все вакуумные печи имеют возможность фиксации и прижима кристалла в процессе пайки, то есть высока вероятность смещения его относительно подложки при нагреве и размягчении припоя.

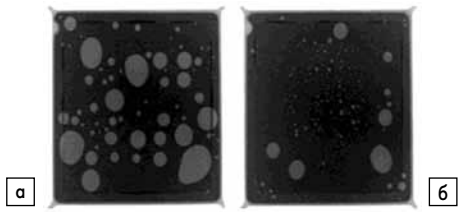

Рис. 1. а) Уровень пустот 25%, пайка в атмосфере; б) уровень пустот 2%, пайка в вакууме

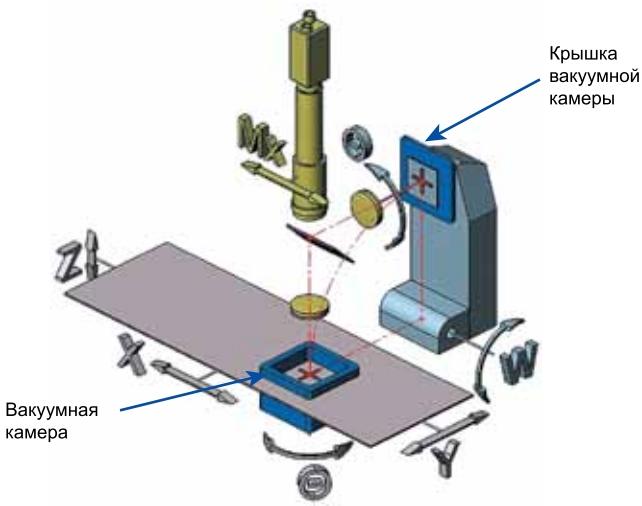

Рис. 2. Вакуумная камера установки Fineplacer Sigma встроена в рабочую область

Немецкий производитель и поставщик оборудования для микромонтажа — компания Finetech — предлагает установки Fineplacer с возможностью проведения вакуумной пайки. Оборудование Fineplacer позволяет позиционировать и размещать кристаллы на подложке с высочайшей точностью, осуществлять фиксацию, прижим, нагрев кристалла и нагрев подложки, кроме того, модель Fineplacer Sigma может быть оснащена небольшой вакуумной камерой, смонтированной на позиционирующем столике (рис. 2).

Сама вакуумная камера интегрирована в позиционирующий столик установки. Крышка вакуумной камеры встроена в специализированный инструмент, предназначенный для вакуумного захвата кристаллов. Полный процесс монтажа кристаллов с последующей их пайкой в вакууме предусматривает лишь несколько шагов:

- Задание всех параметров процесса в программном обеспечении установки.

* Максимально допустимое содержание пустот в паяном соединении — не более 5% от общей площади соединения, при этом площадь самого большого из пузырей не должна превышать 1% площади паяного шва.

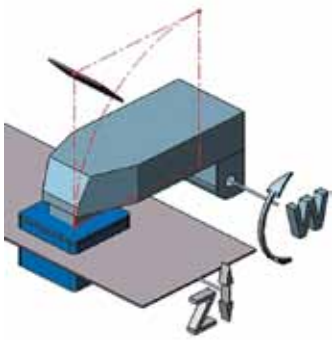

Рис. 3. Закрытие вакуумной камеры. Начало процесса

Рис. 4. Внешний вид установки Fineplacer Sigma с модулем вакуумной пайки

- Захват кристалла на инструмент.
- Позиционирование и выравнивание кристалла относительно подложки.
- Запуск процесса монтажа и пайки.

После запуска процесса манипулятор с кристаллом опускается вниз, крышка камеры плотно закрывается, и процесс пайки начинается автоматически (рис. 3).

При этом остается возможность контролировать прижим кристалла (с усилием прижима вплоть до 500 Н), что исключает его смещение относительно подложки при размягчении припоя.

При необходимости, камера может продуваться азотом или другими рабочими газами (рис. 4, 5).

Модуль вакуумной камеры полностью интегрирован в систему Fineplacer, что позволяет легко управлять им с помощью стандартного программного обеспечения установки. В программном обеспечении оператор задает все рабочие параметры: время процесса, момент включения/отключения прижима, профиль прижима (скорость нарастания, максимальное значение), профиль нагрева плиты (скорость нагрева/охлаждения, пиковое значение), при необходимости профиль нагрева инструмента (скорость нагрева/охлаждения, пиковое значение), продувку камеры, предельное давление после откачки, время поддержания вакуума, время всего процесса и т.д. Процесс позиционирования и выравнивания кристалла относительно подложки осуществляется в ручном режиме (в модели Fineplacer Sigma). Монтаж кристалла и последующая его пайка в вакууме проводится автоматически по заданному термопрофилю (рис. 6).

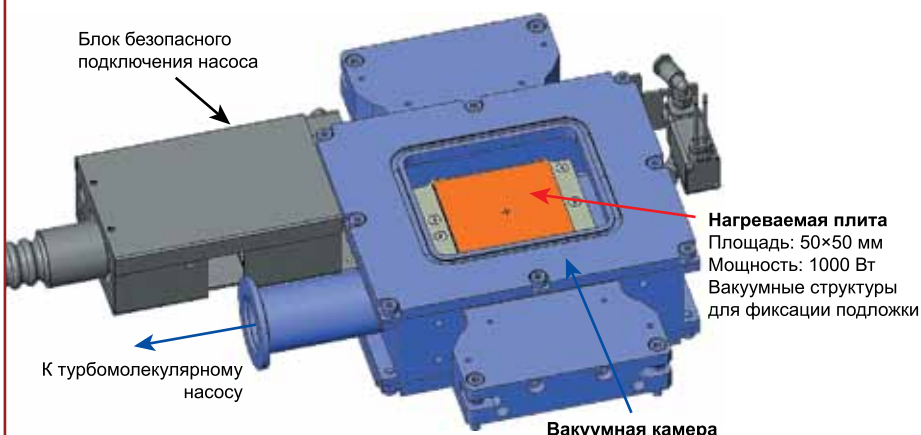

Рис. 5. Устройство вакуумной камеры установки Fineplacer Sigma

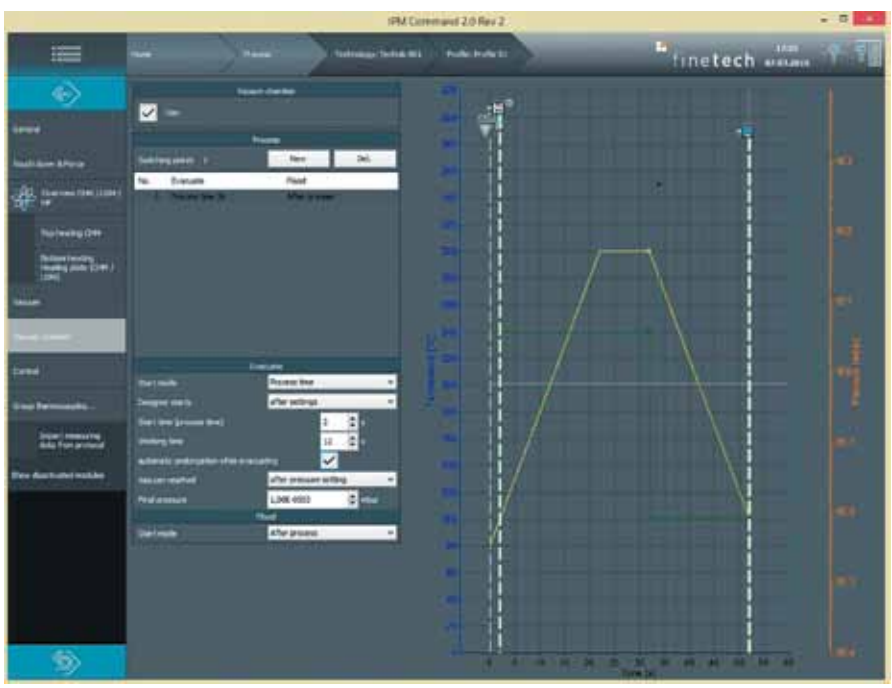

Рис. 6. Внешний вид интерфейса программного обеспечения установки Fineplacer Sigma

Параметры модуля вакуумной пайки установки Fineplacer Sigma:

1. Предельный вакуум в камере: 10^{-3} мбар (10 мбар опционально).
2. Время откачки: 1–3 мин.
3. Максимальные размеры подложек: 50×50×10 мм.

Рис. 7. Вакуумная камера установки Fineplacer Sigma

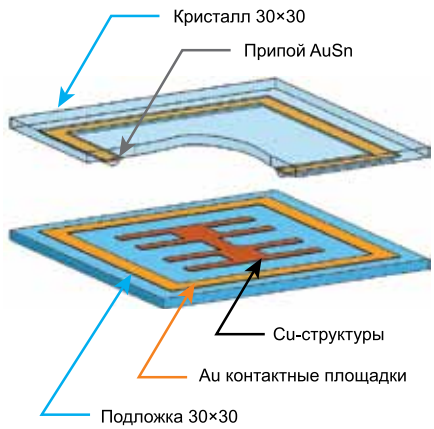

Рис. 8. Вакуумная пайка кристалла к подложке с медными структурами

4. Максимальные размеры кристаллов: 40×40×2 мм.
5. Продувка камеры (при необходимости): инертный газ или форминг-газ (рис. 7).

Результаты процессов пайки на установке Fineplacer Sigma:

1. Припайка кристалла к подложке с медными структурами.
- Размеры кристалла и подложки: 30×30 мм.
- Припой: AuSn (рис. 8).
- Результаты: исследования собранной структуры с помощью спектрометра показали удовлетворительные результаты окисления поверхности меди и хорошие результаты пайки.

2. Пайка двух кристаллов (Al_2O_3) с использованием преформы припоя AuSn.
- Размеры кристаллов: 4,88×2,35 мм.
- Металлизация: TiW + Au, 6 мкм.
- Преформа припоя: AuSn 80/20, толщина 12,7 мкм (рис. 9).
- Результаты: исследования собранной структуры показали хорошие результаты пайки — низкий уровень пустот и высокую однородность паяного шва, в том числе по толщине.

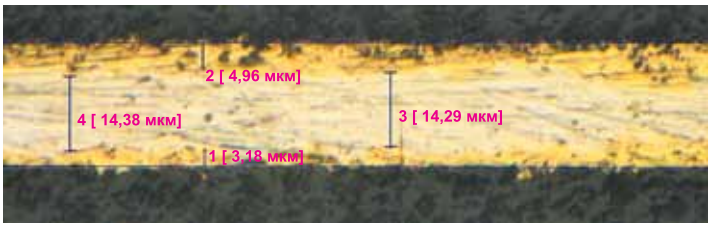

Рис. 9. Паяное соединение кристаллов Al_2O_3

Заключение

Для пайки кристаллов в изделиях микроэлектроники (в особенности силовых модулей) крайне важно проводить процесс пайки в вакууме, чтобы избежать образования пустот внутри припоя и окисления материалов, например, таких как индий или медь. В большинстве случаев для этих целей предназначены отдельно стоящие крупногабаритные вакуумные печи. Однако для небольших партий изделий гораздо целесообразнее применять монтажные станции со встроенным модулем вакуумной пайки. Микромонтажная установка Fineplacer Sigma немецкой компании Finetech предоставляет своим пользователям такую возможность. Теперь процессы монтажа кристалла на подложку и его пайки в вакууме технологически неразрывны, выполняются в одном рабочем цикле и на одном оборудовании, а значит, повышается повторяемость процессов и выход годных изделий.