

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ ПОДЛОЖКОЙ И КРИСТАЛЛОМ.

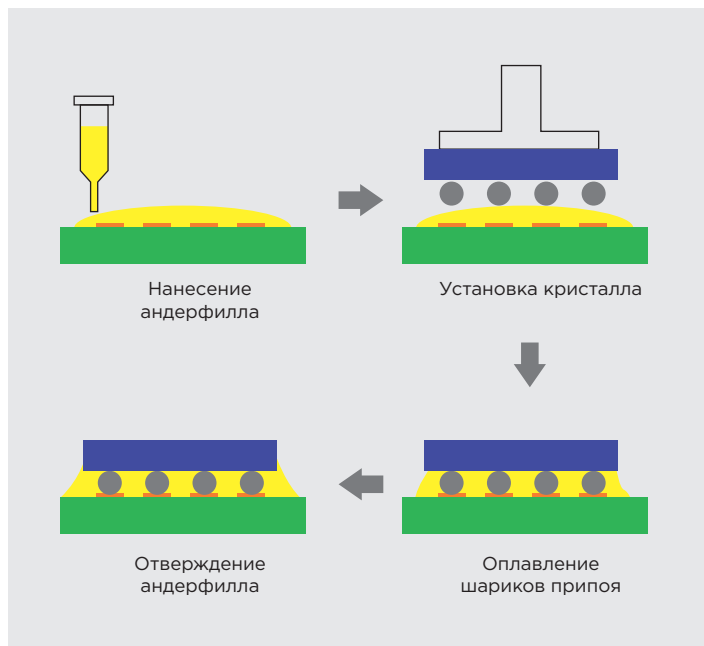
ЧАСТЬ 2. НЕТЕКУЧИЕ И
НАНОСИМЫЕ НА УРОВНЕ
ПЛАСТИНЫ АНДЕРФИЛЛЫ



Текст: Александр Скупов



Данная статья – продолжение публикации «Материалы для заполнения зазора между подложкой и кристаллом. Часть 1. Андерфиллы капиллярного растекания», в которой говорилось об андерфиллах капиллярного растекания. В этом материале мы рассмотрим нетекучие андерфиллы (no flow) и наносимые на уровне пластины.



1 Нанесение нетекучего андерфилла

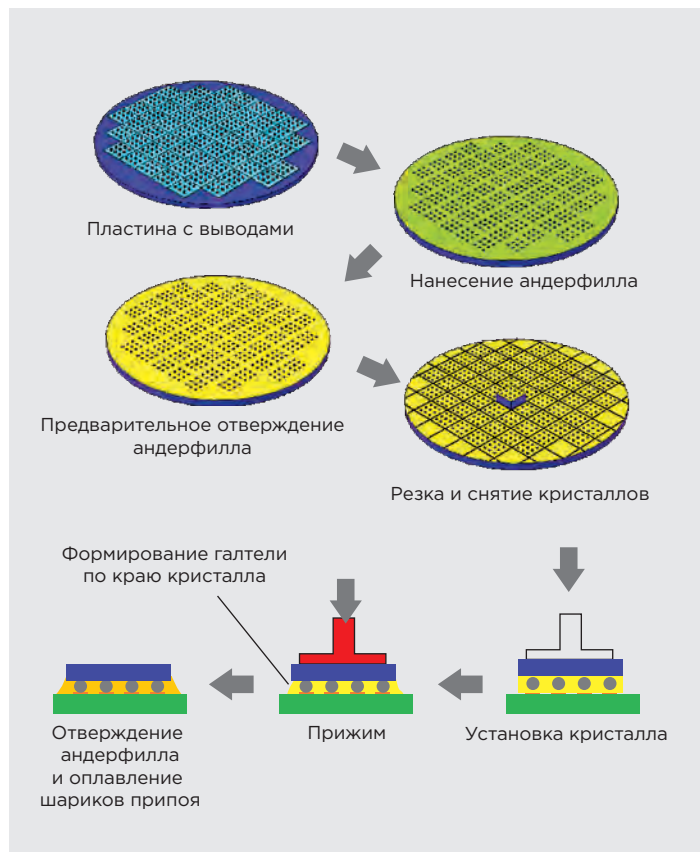
В предыдущей статье¹ были рассмотрены андерфиллы капиллярного растекания. Эти материалы наносятся вдоль кромки установленного кристалла в жидком виде и под действием капиллярных сил затягиваются в зазор между кристаллом и подложкой. Такие андерфиллы сравнительно просты для применения, но их использование может стать ограниченным в следующих случаях:

- большой размер кристалла (более 20 мм);
- большое число выводов, расположенных с малым шагом;
- сверхмалый размер шариков припоя на перевернутом кристалле (≤ 10 мкм).

Во всех перечисленных случаях при растекании капиллярного андерфилла высока вероятность образования пустот и неоднородностей распределения наполнителя в материале. Для минимизации возможных дефектов приходится использовать материал с очень малым размером частиц наполнителя. Это приводит к увеличению вязкости материала и, как следствие, существенно уменьшает скорость затекания. При требуемой высокой производительности такой материал становится малоприменимым для применения.

Решение описанной проблемы – использование материала, который не требует капиллярного растекания. Такие материалы существуют, они наносятся на подложку либо кристалл (в том числе на уровне пластины) до его монтажа и оплавления шариков припоя. К ним относятся:

- нетекучие (no flow);
- андерфиллы, наносимые на уровне пластины (wafer-level underfill – WLUF).



2 Нанесение андерфилла на уровне пластины

Основные виды и свойства этих материалов будут описаны далее.

Нетекучие андерфиллы

Технологический процесс монтажа кристалла с использованием нетекучего андерфилла представлен на рис. 1. Материал наносится перед монтажом кристалла, после чего происходит одновременное оплавление выводов и отверждение полимера.

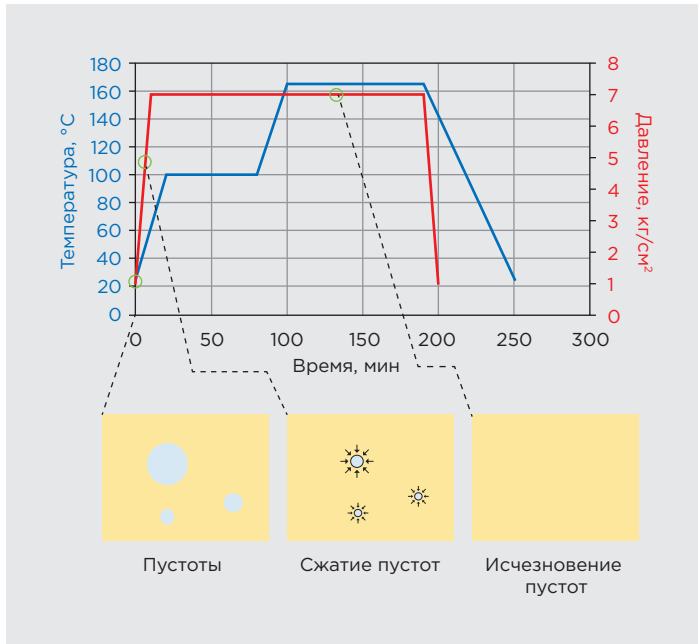
Состав нетекучих андерфиллов оптимизирован таким образом, чтобы обеспечить качественное смачивание припоем всех поверхностей при оплавлении до желирования материала, когда его вязкость станет слишком высокой для перемещения припоя.

Проблема образования пустот актуальна для нетекучих андерфиллов, но не так остра, как для капиллярных. Для уменьшения образования пустот рекомендуются качественная отмывка и сушка подложки и максимально точная установка кристалла с минимальным наклоном и смещением при установке.

Нетекучие андерфиллы, как правило, не содержат в себе наполнитель². В противном случае он препятствовал бы смачиванию контактных площадок припоем при оплавлении выводов. Однако отсутствие

¹ "Вектор высоких технологий" № 5 (40) декабрь 2018

² Materials for Advanced Packaging, edited by D. Lu and C.P. Wong, Springer, 2008



3

Исчезновение пустот в андерфилле во время отверждения под давлением

наполнителя не позволяет добиться желаемых термо-механических свойств. Материал без наполнителя часто бывает слишком жёстким и хрупким, также не всегда возможно достичь желаемого КТР. Это очень критично для больших кристаллов, поскольку при изменении температуры такой андерфилл склонен к образованию трещин, что ведёт к отказу устройства. Примером нетекучего андерфилла является Indium NF260, свойства которого приведены в **Т 1**.

Для устранения проблем с нетекучими андерфиллами и внедрения в их состав наполнителя есть несколько подходов:

- Первый – монтаж кристалла под давлением, когда предварительно нанесённый андерфилл имеет в своём составе наполнитель в виде сферических частиц SiO_2 , подобно андерфиллам капиллярного растекания.
- Второй подход заключается в последовательном нанесении двух слоёв андерфилла. Тонкий первый слой не содержит наполнителя для обеспечения контакта выводов, а его вязкость такова, что не позволяет проникнуть частицам наполнителя из верхнего слоя за время проведения технологического процесса.
- Третий подход заключается в использовании в качестве наполнителя наноразмерных частиц. В этом случае они легко вытесняются припоем при оплавлении выводов.

Однако ни один из этих подходов не реализован в коммерчески доступных продуктах.

Применение нетекучего андерфилла является довольно простым и производительным процессом,

который приближает монтаж кристалла к технологиям SMT. Это в будущем открывает путь к дальнейшей миниатюризации электроники и использованию «голых» кристаллов при монтаже на плату вместе с пассивными компонентами.

Несмотря на удобство и простоту технологии использования нетекучего андерфилла его главным недостатком является сложность добавления наполнителей для коррекции свойств, непосредственно влияющих на надёжность устройств. Максимальное содержание наполнителя в таких андерфиллах не превышает 60 %, а этого недостаточно для полного контроля над модулем упругости и КТР. Но все равно нетекучие андерфиллы могут быть успешно применены для кристаллов небольшого размера с очень малыми выводами.

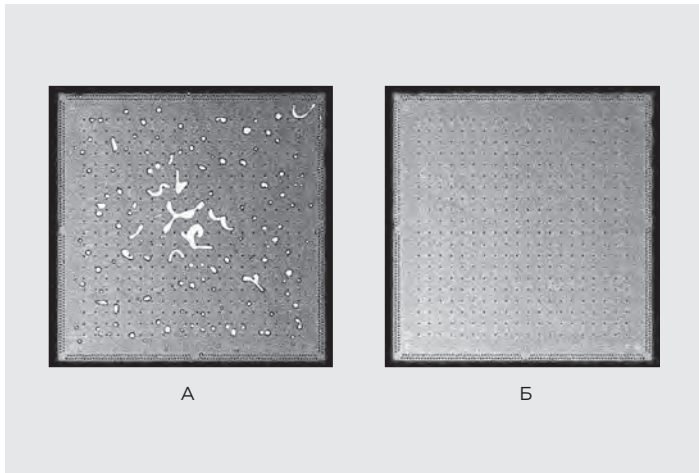
Андерфиллы, наносимые на уровне пластины

Типичный технологический маршрут применения материалов этого семейства представлен на **рис 2**. Андерфилл наносится на пластину, затем происходит его предварительное отверждение, а после разделения пластины и монтажа кристалла – оплавление выводов и финальное отверждение.

Для нанесения андерфилла на пластину могут быть использованы различные методы: трафаретная печать, центрифугирование, ламинирование.

Все андерфиллы для нанесения на уровне пластины являются материалами с двухэтапным отверждением (англ.: B-stage). В одном случае первичное отверждение происходит за счёт испарения растворителя (сушка), в другом – за счёт химической реакции (полимеризация). Полимеризация наиболее предпочтительный механизм первичного отверждения, поскольку в случае с растворителем повышается вероятность образования больших пустот в материале при финальном отверждении. Первичное отверждение позволяет зафиксировать механические свойства андерфиллов для облегчения манипуляций с ними и осуществления стандартной резки алмазным диском с охлаждением потоком воды. Очень важно точно контролировать время и температуру первичного отверждения, чтобы материал, с одной стороны, достиг механической прочности, с другой – сохранил способность к деформации и адгезии во время последующего монтажа кристалла на подложку. Как и в случае нетекучих андерфиллов, оплавление выводов совмещено с финальным отверждением андерфилла после монтажа кристалла, и андерфилл имеет в своём составе флюсующие добавки.

Для подавления возможного образования пустот в материале для андерфиллов, наносимых на уровне пластины, существует способ отверждения при повышенном давлении. Для этого используется специальная камера, позволяющая достигать давления в



4 Андерфилл до отверждения (А) и после отверждения под давлением (Б)

несколько атмосфер. Механизм предотвращения образования пустот таким способом показан на рис 3. На первом этапе вязкость материала небольшая, поэтому пустоты легко растворяются в андерфилле. Затем, когда андерфилл постепенно отверждается, и материал становится твёрдым, пустоты не могут снова появиться в нём из-за механической прочности. Таким образом, если в материале присутствовали мелкие воздушные пузыри, то газ из них оказывается распределён внутри материала без образования объёмных структур. Рентгеновский снимок кристалла с андерфиллом до отверждения под давлением и после показан на рис 4.

Преимущества использования андерфилла, наносимого на уровне пластины: большое содержание наполнителя в таком материале, а также простота процесса, полная совместимость с SMT-технологиями, высокая производительность за счёт группового нанесения материала на все кристаллы сразу ещё до разделения пластины.

В настоящий момент на рынке мало коммерчески доступных продуктов из семейства андерфиллов, наносимых на уровне пластины. Ведущие компании, поставляющие материалы для сборки и корпусирования, активно ведут разработки в этом направлении. Например, компания Namics ведёт лабораторное тестирование подобного материала и готовит его анонс в ближайшее время.

Заключение

В настоящее время наблюдается тенденция к уменьшению размеров выводов и шага при их расположении на перевёрнутом кристалле (flip-chip), которая делает сложным или невозможным применение андерфиллов капиллярного растекания. На замену приходят нетекучие андерфиллы, которые существенно упрощают технологический процесс монтажа кристалла, но имеют сложности по достижению желаемых термомеханических свойств. В этой ситуации в электронике для микросхем с большим числом выводов и их плотным

Т 1

Свойства нетекучего андерфилла Indium NF260¹

ПАРАМЕТР	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	ЗНАЧЕНИЕ
Цвет	-	янтарный
Вязкость при 25 °С	кcPs	28
Срок годности при -40 °С	мес	6
Время жизни при 25 °С	ч	24
Твёрдость	Шор D	>90
Температура стеклования	°С	96
Теплопроводность	Вт/м·К	0,17
КТР (α1)	10-6 °С ⁻¹	65
КТР (α2)		275

¹ Materials for Advanced Packaging, edited by D. Lu and C.P. Wong, Springer, 2008

расположением самым актуальным сейчас является использование андерфиллов, наносимых на уровне пластины.

При выборе нетекучих и наносимых на уровне пластины андерфиллов важны те же самые физические свойства, что и для капиллярных андерфиллов (КТР, модуль упругости, температура стеклования, влагопоглощение, адгезия). Конкретный тип андерфилла выбирают исходя из его физических свойств, конструкционных особенностей сборки: материал подложки, размер кристалла, шаг и расстояние между выводами, высота зазора; условий эксплуатации изделия и желаемой производительности технологической линии. □

Группа компаний Остек сотрудничает с производителями андерфиллов, ведущими передовые разработки и исследования в этой отрасли для удовлетворения потребностей наиболее продвинутых производителей микросхем. При необходимости специалисты Остека могут оказать технологическую поддержку в области применения материалов для создания выводов припоя на уровне пластины, совместно с производителями провести исследования и тесты, подобрать оптимальный технологический маршрут и материалы.