

Анализ причин возникновения дефектов «надгробного камня» при использовании компонентов типоразмера 0201

Физически дефект «надгробного камня» основан на силах смачивания и поверхностного натяжения, массе компонента и его геометрических размерах. Если припойная паста под одним из выводов компонента уже расплавилась и смачивание поверхностей произошло прежде, чем под другим, то сила поверхностного натяжения может поставить компонент вертикально. Как правило, чем меньше и легче компонент, тем больше вероятность возникновения дефекта «надгробного камня».

Николай Павлов

pavlov_nikolay@navis.ru

Параметры, влияющие на возникновение дефекта «надгробного камня», могут быть разделены на две основные категории: параметры контактной площадки (форма КП; точность выполнения КП, маски или металла; тепловое равновесие между КП; наличие переходных отверстий на КП) и параметры процесса (многочисленные и часто трудно определяемые количественно). Опубликовано много работ по данной теме, часто они сфокусированы на улучшении методов проектирования и монтажа.

Процесс монтажа большинства компонентов 0201 был оптимизирован до перехода на бессвинцовую технологию. Увеличение количества бессвинцовой продукции и связанное с этим уменьшение окна технологического процесса приводит к переоценке основных параметров, которые могут повлиять на возникновение эффекта «надгробного камня».

Влияющие параметры

Обзор опубликованных исследований и крупномасштабное применение в промышленности показали наличие 49 параметров, которые могут влиять на формирование дефекта «надгробного камня». Для исследования причинно-следственных связей был применен матричный подход (с величиной оценки 0, 3 или 9), чтобы определить воздействие следующих 12 самых влияющих параметров:

- **Размеры КП** — включающие в себя размеры КП, расстояния между КП. Все КП не покрыты маской и нет маски между КП. Были рассмотрены 4 типоразмера: 3 типовых и один специфический.
- **Количество паяльной пасты** — апертюры трафарета были спроектированы с размером 70% и 100% от величины КП. Апертюра с размером 100% КП

более приемлема, чем апертюра 70% КП. В результате исследований было выяснено, что при использовании апертюры 70% было нанесено порядка 50%, а при использовании апертюры 100% — порядка 60% паяльной пасты.

- **Смещение отпечатка паяльной пасты** — чтобы смоделировать реальный процесс, апертюры трафарета были спроектированы со смещением 0,1 мм по осям X и Y, в общей сложности получено 4 комбинации (0–0; 0–0,1; 0,1–0; и 0,1–0,1).
- **Тип применяемого компонента** — были использованы резисторы и конденсаторы, чтобы учесть влияние размеров компонентов.
- **Ориентация** — компоненты были установлены с поворотом на 0° и 90°.
- **Температурный профиль пайки** — были использованы традиционный и «бессвинцовый» профиль.
- **Атмосфера при пайке** — воздух и N₂ 100 млн⁻¹.
- **Смещение компонента** — компоненты были размещены в позиции 0, 0 (CAD) и со смещением 0,1; 0,1.
- **Паяльная паста** — на первом этапе исследования использовалось три типа припойной пасты: безотмывная SnPb, безотмывная SAC 305 и водоотмывная SAC 305. На втором этапе было использовано 7 типов припойной пасты.
- **Финишное покрытие ПП** — на первом этапе использовались платы с финишным покрытием OSP. На втором этапе — ПП с финишным покрытием OSP и иммерсионное золото (ENIG). Эксперимент был разделен на два этапа. Экспериментальная матрица первого этапа показана в таблице 1. С учетом коэффициентов, перечисленных в верхней части, была спроектирована тестовая ПП (рис. 1). Коэффициенты в нижней половине таблицы изменялись в процессе монтажа.

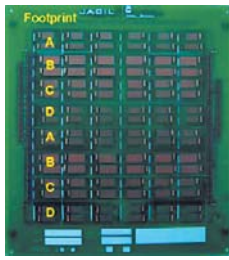


Рис. 1. Тестовая ПП с КП 0201 (каждый ряд включает 6 КП)

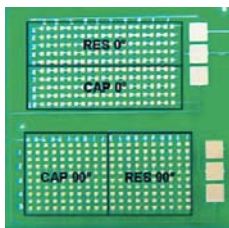


Рис. 2. Типовые тестовые площадки. Каждая типовая площадка рассчитана на 50 конденсаторов и резисторов, расположенных со смещением 0° и 90°

Тестовая ППП

Тестовая ППП содержала 48 индивидуальных испытательных ячеек. Были использованы 4 различных типа КП, каждый тип применялся 12 раз на тестовой ППП (по шесть в 2 строки). На каждой ячейке было 50 резисторов и 50 конденсаторов, ориентированных с поворотом 0° и 90°, в общей сложности по 200 КП в блоке (рис. 2). Восемь ячеек КП было размещено на ПП, таким образом, в общей сложности 1600 КП было размещено на ПП. На первом этапе были использованы все четыре типа КП, то есть всего 6400 КП на плате.

Проектирование трафарета

Чтобы получить все возможные комбинации изменений и смещений апертур, трафарет был изменен следующим образом: слева направо шесть тестовых столбцов, у первых двух столбцов были уменьшены апертюры на 70% от площади КП; средние два столбца не были заполнены, и в последних двух столбцах апертюры занимали 100% площади КП.

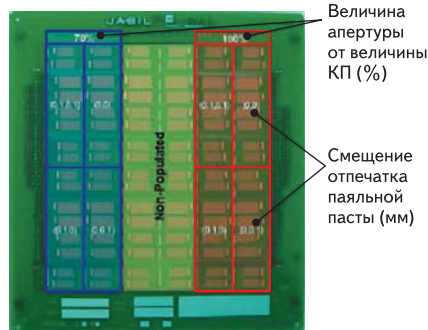


Рис. 3. Дизайн трафарета

Таблица 1. Экспериментальная матрица первого этапа

Характеристика	Уровень значимости				
		A	B	C	D
Форма КП	4				
Величина апертюры (от величины КП)	2	100	70		
Смещение отпечатка по оси X	2	0	0,1		
Смещение отпечатка по оси Y	2	0	0,1		
Тип компонента	2	R	C		
Угол поворота	2	0	90		
128 комбинаций 6400 КП					
Термопрофиль	2	«Классический»	«Бесвинцовый»		
Среда пайки	2	Воздух	N ₂		
Смещение компонента по оси X		0	0,1		
Смещение компонента по оси Y	2	0	0,1	0, 0:0,1, 0,1	
Смещение компонента по углу	1	0			
8					
Тип пасты	3	SnPb	SAC305		
Количество ПП	24				
Копий (*2)	48				
КП	307 200				

В пределах каждой группы разных типов апертюр КП были разделены на четыре сегмента, каждый из которых имел свое смещение отпечатка паяльной пасты.

С помощью конструкции, представленной на рис. 3, были перебраны все возможные комбинации размеров апертюр и смещения отпечатка паяльной пасты.

Монтаж

Использовалось следующее оборудование:

- MPM Ultraprint 3000 — принтер трафаретной печати;
- Koh Young KY3030-VAL — система контроля нанесения пасты;
- Fuji AIM — автомат-установщик;
- Vitronics-Soltec XPM2 — печь конвекционного оплавления;
- Vi Technology Vi3K2 — автоматическая оптическая инспекция (АОИ);
- Phoenix Nanomex X-ray inspection — установка для рентгеновского контроля.

Трафаретная печать

Исследование включало нанесение большого и малого количества пасты. Для этого апертюры трафарета были уменьшены. Чтобы найти оптимальную величину апертюры, были выполнены апертюры размером 100%, 80% и 60% величины КП. 100%-ная и 70%-ная апертюры позволяют нанести примерно 60% и 50% пасты соответственно.

Трафареты были изготовлены методом гальванопластики никелем толщиной 125 мкм (0,005"). Параметры нанесения: скорость 2 дюйма/с, давление ракеля 5 кг/мм.

Система контроля нанесения пасты

Эта система использовалась, чтобы контролировать смещение отпечатка паяльной пасты в процессе эксперимента. Подобный контроль очень полезен, так как позволяет своевременно локализовать стадию образования брака, вызванную некорректным написанием программы, неточностью совмещения платы и трафарета, некачественное изготовление трафарета и некоторые иные возможные причины возникновения дальнейших дефектов.

В системе контроля нанесения пасты используется освещение отпечатка паяльной пасты с двух сторон светодиодами, при этом фиксируется восемь изображений (по 4 с каждой стороны). Программное обеспечение по полученным изображениям позволяет построить 3D-модель отпечатка паяльной пасты. Использование двойного источника света позволяет минимизировать теневой эффект, возникающий при использовании одиночного источника освещения. С размером пикселя порядка 20×20 мкм можно получить максимально точную информацию о компоненте типоразмера 0201.

Автомат-установщик

Автомат-установщик имеет четыре установочные головки, два загрузчика для питателей компонентов 0201 размером до 74 мм. Таким образом, имеем 180 питателей в загрузчике, который может работать с лентой, пеналом и матричными поддонами. Скорость установщика — 20 300 комп./ч. Машина была установлена в лаборатории и до начала тестирования откалибрована. Исследование GR&R до теста не проводилось.

Пайка

В процессе пайки использовалось шесть термопар, чтобы снимать температурный про-

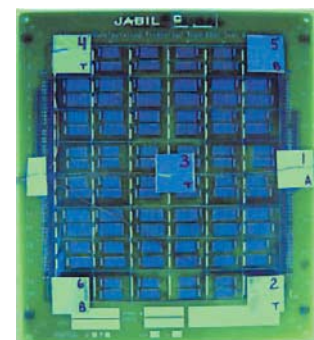


Рис. 4. Расположение термопар на тестовой ПП (термопары 1–4 расположены на стороне top, термопары 5–6 — на стороне bot)

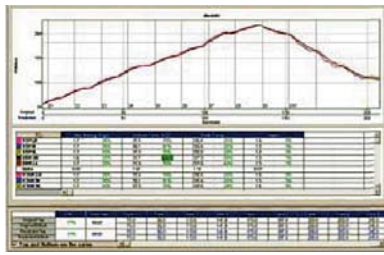


Рис. 5. «Классический» термопрофиль, паста SnPb



Рис. 6. «Бессвинцовый» термопрофиль, паста SnPb

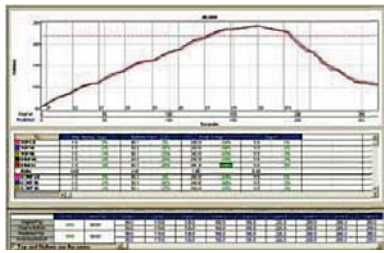


Рис. 7. «Классический» термопрофиль, паста SAC 350

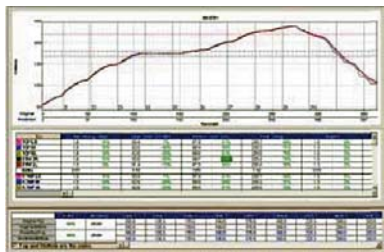


Рис. 8. «Бессвинцовый» термопрофиль, паста SAC 350

филь. Четыре были присоединены к верхней стороне тестовой платы, две к нижней (рис. 4). Термопрофили представлены на рис. 5–8.

АОИ (автоматическая оптическая инспекция)

АОИ использовалась для контроля монтажа плат после установки элементов (до пайки и после пайки). На основе САD-информации с использованием библиотек изготовителя оборудования были сгенерированы программы. В представленных данных использовалась система, позволяющая обнаружить дефект «надгробного камня», смещение по осям X, Y и поворот. Оборудование для этого теста бы-

ло установлено и откалибровано изготовителем. Исследование GR&R до теста не проводилось.

Рентгеновский контроль

Рентген использовался для контроля качества пайки. Полученные изображения были рассортированы и проанализированы для каждой комбинации факторов (площади апертуры, смещения, типов компонентов, объема пасты, термопрофиля и пр.).

Полученные данные

Дефекты были разделены на следующие группы:

- «Полный» дефект «надгробного камня», где компонент стоит полностью на одном из концов приблизительно под углом 90°.
- «Частичный» дефект «надгробного камня», где компонент запаян с одного конца, другой конец компонента стоит под углом менее 90°.
- Отсутствие смачивания, когда не произошло смачивания выводов компонента.
- Ошибки позиционирования, когда компонент смещен относительно КП более чем на 50% по X, Y или углу.
- Шарики припоя, которые остаются после пайки. Минимальный зарегистрированный размер, который был визуально заметен при рентгеновском контроле, составил приблизительно 75–100 мкм (0,003"–0,004") в диаметре.

Примеры дефектов приведены на рис. 9.

Результаты и анализ. Данные первого этапа

Краткий обзор дефектов

Было зафиксировано количество дефектных норм для шести определенных режимов отказа. Полная дефектная норма для эксперимента — 11 823 млн⁻¹. Распределение дефектов показано на рис. 10.

Шарики припоя — часто наблюдаемое явление, но нужно отметить, что, хотя они и ука-

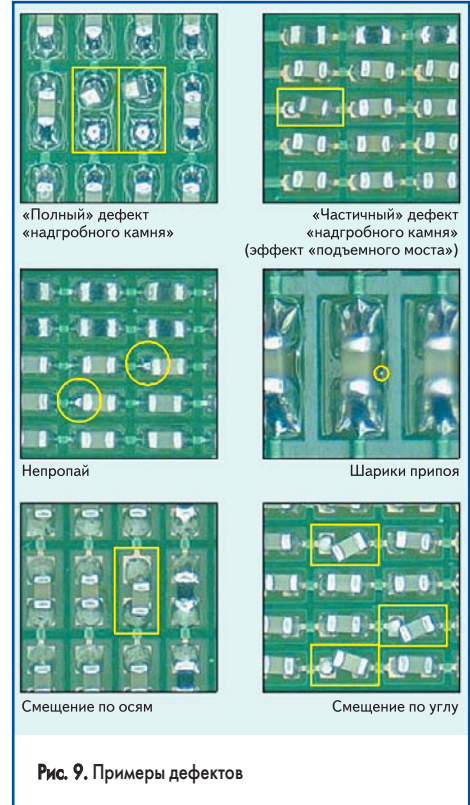


Рис. 9. Примеры дефектов

заны, но в промышленном производстве они не всегда будут считаться дефектами. Например, шарики припоя с размерами более минимального зазора между КП будут считаться дефектом, а шарики с размерами меньше зазора между КП могут не считаться дефектом. Вообще критерии дефектности выстраиваются в зависимости от класса изготавливаемой аппаратуры. Делая обзор результатов эксперимента, шарики припоя нельзя рассматривать однозначно как дефекты, но можно рассматривать как индикаторы процесса.

Ошибки позиционирования элементов по осям X, Y наблюдались так же часто, как и шарики припоя. Многие ошибки неверного позиционирования привели в дальнейшем к дефекту «надгробного камня». Хотя эти пять видов дефектов были дифференцированы в связи с исследованием, при промышленном

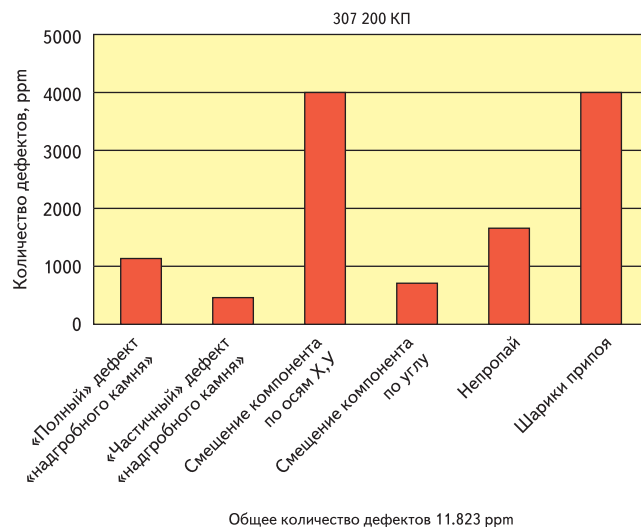


Рис. 10. Гистограмма распределения по типам дефектов

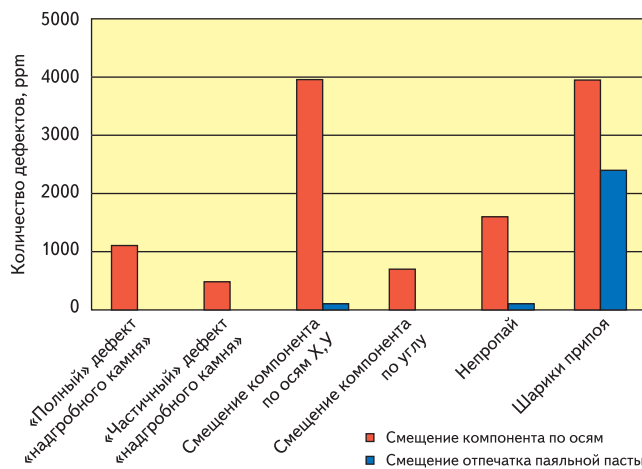


Рис. 11. Гистограмма распределения дефектов при смещении отпечатка паяльной пасты и установки элемента. Максимальное количество дефектов возникает при комбинации факторов смещения отпечатка паяльной пасты по оси X и смещения компонента по осям X и Y

производстве они подпадают под одну характеристику — дефекты и требуют исправления.

Целью исследования было определение условий, при которых формируется дефект «надгробного камня»; данные эксперимента были статистически проанализированы. Основной вклад в формирование дефекта «надгробного камня» вносят три параметра. Основное влияние оказывают смещение отпечатка пасты и смещение компонента по осям X и Y. Когда искусственно созданные смещения были убраны, дефектная норма понизилась с 11 823 до 2513 млн⁻¹, включая шарики припоя, или с 7845 до 156 млн⁻¹, включая шарики припоя (рис. 11).

Отсюда ясно видно, что исключение ошибок при нанесении паяльной пасты сильно снижает вероятность возникновения дефектов «надгробного камня» и некоторых других. Смещение нанесенной пасты, искусственно созданное в ходе исследований, аналогично возникающему при производстве. Смещение на величину 0,1 мм (0,004") обычно является заявленной погрешностью для автоматов-установщиков с высокой производительностью. Хотя смещение на 0,1 мм (0,004") — больше

чем типичная позиционная ошибка для принтеров трафаретной печати, в эту величину вносят вклад и некачественное совмещение, установка, некачественное изготовление трафарета и некоторые другие факторы.

В реальном производстве описанные выше смещения — пример часто встречающийся, так как обычно процесс изготовления нового трафарета занимает несколько дней. Бывают случаи, когда на плате обнаруживается единственная доработка, к примеру, без надобности в трафарете были открыты все аперттуры, в то числе и тестовые КП, наличие припоя на которых приводит к ухудшению контактирования тестового разъема с этими КП, а плату нужно запускать в производство. Принимается решение «заклеить» избыточные аперттуры скотчем, и вроде бы проблема удачно решена. А теперь посчитаем — толщина трафарета, к примеру, 150 мкм, а толщина добавленного скотча — 100 мкм, и получается, что в месте подклейки расстояние от платы до ракеля не 150 мкм, а уже 250 мкм. А если это мультизаготовка, мы получаем достаточно трудно прогнозируемое распределение пасты, но точно можно сказать, что оно будет неравномерным

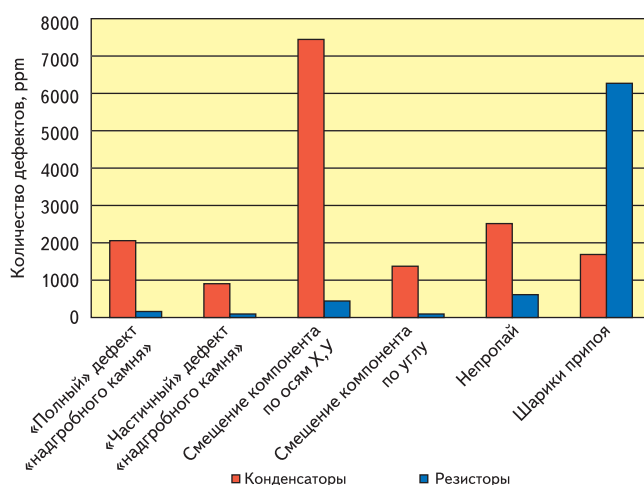


Рис. 12. Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа компонента

по всей поверхности платы. У установщиков, даже ориентированных на компоненты типоразмера 0201, имеется допуск точности установки (автору известно значение 75 мкм). Также следует учитывать, что элементы в самой ленте расположены с некоторым «люфтом», таким образом, в большинстве случаев элемент расположен со смещением.

Нужно отметить, что оборудование, используемое в этих экспериментах, регулярно калибровалось изготовителем без специальной настройки. Исследования GR&R до выполнения тестов не выполнялись как на принтере, так и на автомате-установщике. Фактическая точность установки и точность печати находится в пределах спецификаций изготовителя и в пределах запрограммированных параметров.

Были изучены два случая смещения размещения: (0,0) и +0,1 мм (4 mil), смещения по оси X и Y одновременно (+0,1, +0,1). Были опробованы все 4 комбинации смещений (0,0), (0, 0,1), (0,1, 0), (0,1, 0,1). В случаях, когда было смещение по оси X, влияние на формирование дефектов было больше; при смещении по оси Y влияния замечено не было. Не были проведены эксперименты при смещении отпечатка паяльной пасты на +0,1 и при смещении установки компонента на -0,1, однако предполагается, что выравнивание не произойдет и дефект останется.

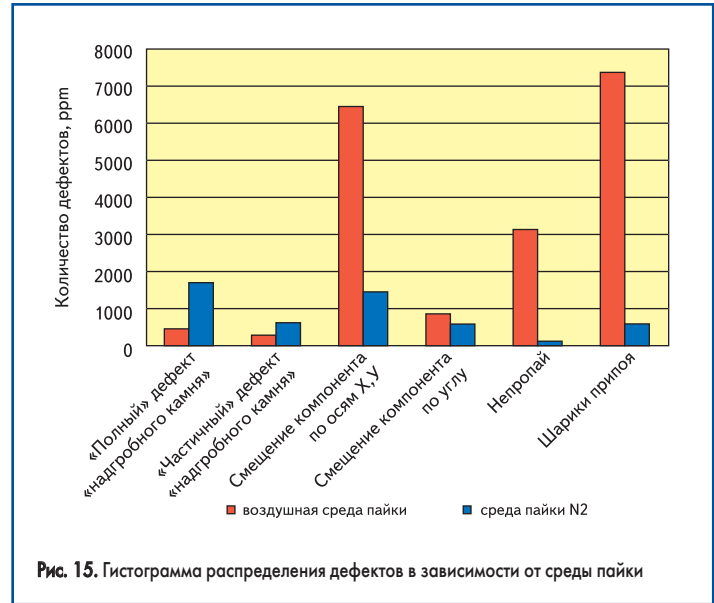
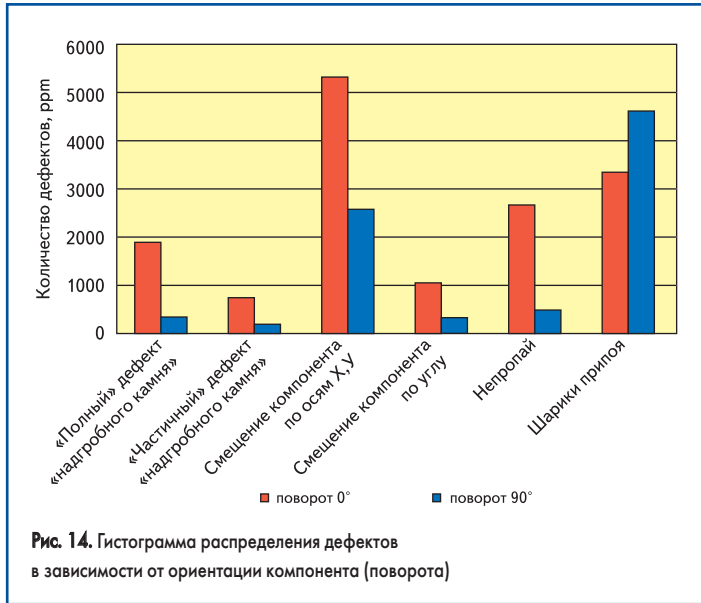
Остальные факторы, которые оказывают влияние на формирование дефекта «надгробного камня», были случайными или основными и не оказывали столь большого влияния как совместное негативное влияние неточного нанесения паяльной пасты и установки компонента. Конденсаторы показали дефектную норму 15 996 млн⁻¹ (14 316 млн⁻¹, исключая шарики припоя), резисторы показали дефектную норму 7650 млн⁻¹ (1374 млн⁻¹, исключая шарики припоя) (рис. 12).

Конденсаторы показывают более высокий уровень дефектов во всех категориях, кроме шариков припоя. Основные различия между конденсаторами и резисторами — высота компонента. Конденсаторы на 25% выше и имеют более высокий центр тяжести, который влияет на повышенную «предрасположенность» к формированию дефекта.

Применение резисторов увеличивает количество шариков припоя почти втрое по сравнению с применением конденсаторов. Независимо от того, какие шарики припоя считать дефектами, уровень дефектов у резисторов в три раза выше, и это, вероятно, связано с тем,



Рис. 13. Резисторы (слева) и конденсаторы (справа) типоразмера 0201



что они более подвержены влиянию некачественного смачивания выводов, неудачно подобранным режимам пайки, что в свою очередь, может быть, связано с меньшей площадью контакта, чем у конденсаторов (рис. 13).

Самый общий эффект — эффект ориентации. Компоненты, ориентированные с поворотом 0° и входящие в печь сначала одним выводом, затем корпусом и вторым выводом (параллельно движению конвейера), показали дефектную норму 15 046 млн⁻¹ (11 699 млн⁻¹, исключая шарики припоя). Компоненты, ориентированные с поворотом 90° и входящие в печь обоими выводами одновременно (перпендикулярно движению конвейера), показали дефектную норму 8600 млн⁻¹ (3991 млн⁻¹, исключая шарики припоя). Результаты отражены на рис. 14.

У компонентов, ориентированных параллельно движению конвейера, количество дефектов меньше, чем у компонентов, ориентированных перпендикулярно движению конвейера, — по видимому, это вызвано температурными градиентами, по-разному распределяющимися при различном прохождении компонента через печь. Когда компонент ориентирован перпендикулярно движению конвейера, оба вывода

компонента проходят этап оплавления одновременно, а когда компонент ориентирован параллельно, то с одной стороны процесс оплавления (смачивание вывода компонента, расплавление пасты, формирование паяного соединения) происходит раньше, чем с другой. Кроме направления движения схожей причиной можно считать расположение рядом большого теплоемкого компонента, приводящее к тем же последствиям.

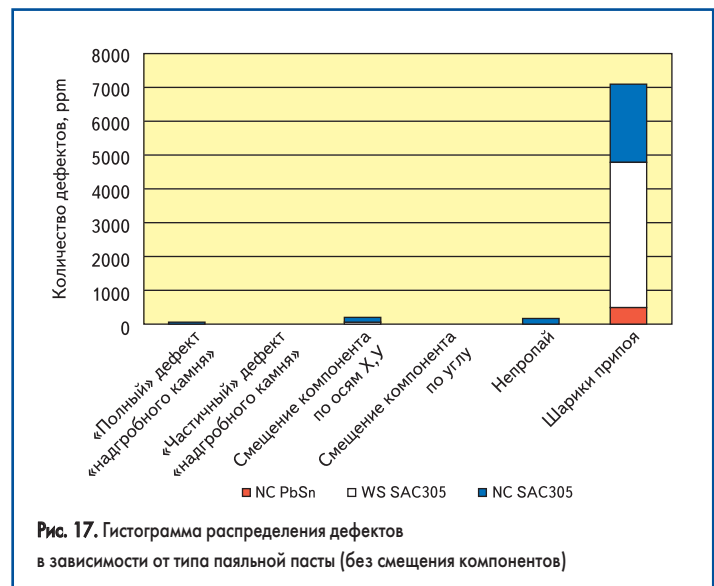
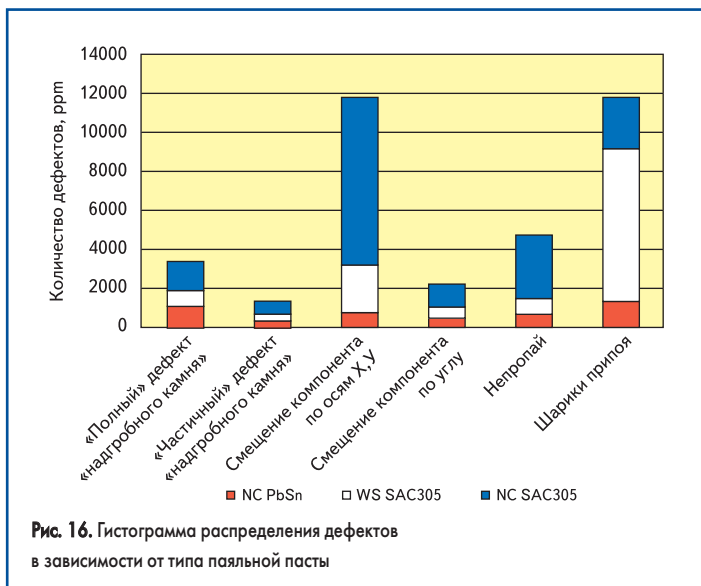
Кроме того, влияние на количество дефектов оказывает среда (атмосфера), в которой осуществляется пайка. При использовании воздушной среды дефектные нормы составили 18 581 млн⁻¹ (11 172 млн⁻¹, без учета шариков припоя), в то время как использование инертной среды приводит к уровню дефектов 5065 млн⁻¹ (4518 млн⁻¹, без учета шариков припоя). Результаты отражены на рис. 15. При пайке в среде азота процент дефектов «надгробного камня» становится больше, но уменьшается количество дефектов, связанных с плохой смачиваемостью, и смещений. Также пайка в среде азота уменьшила количество шариков припоя и улучшила качество паяного соединения. В целом, пайка в среде азота привела к уменьшению количества дефек-

тов по сравнению с пайкой на воздухе, но пайка в инертной среде не может компенсировать ошибки нанесения паяльной пасты и установки компонентов.

Безусловно, применение при пайке азотной среды улучшает качество паяного соединения, так как инертная среда препятствует образованию оксидной пленки на поверхности контактных поверхностей, но в то же время увеличивается и скорость процесса смачивания вывода компонента, и, как следствие, быстрее начинают действовать силы поверхностного натяжения, что и приводит в дальнейшем к возникновению дефектов «надгробного камня».

Влияние типа паяльной пасты

На рис. 16 представлен уровень дефектов для каждого типа паяльной пасты. Из трех типов паяльных паст безотмывная SnPb произвела наименьшее количество дефектов — в общей сложности 4768 млн⁻¹ (3679 млн⁻¹, исключая шарики припоя). Безотмывная паста SAC более чем удвоила дефектную норму — 12 637 млн⁻¹ (4697 млн⁻¹, исключая шарики припоя). Шарики припоя — наиболее характерный дефект для этого типа пасты, она



является причиной почти 2/3 зарегистрированных дефектов. Без учета шариков припоя дефектные нормы для безотмывных припоев SnPb и SAC не сильно отличаются. У водоотмывной бессвинцовой пасты была самая высокая норма дефектов — 18 154 млн⁻¹ (15 459 млн⁻¹ без учета шариков припоя). Убрав коэффициенты, вызванные смещением отпечатка паяльной пасты и размещением компонентов, можно увидеть влияние типа паяльной пасты на уровень дефектов (рис. 17).

Дефектные нормы для безотмывного SnPb и SAC 305, а также водоотмывного SAC 305 соответственно составляют 625, 4297 и 2617 млн⁻¹. Снова большое количество дефектов дают шарики припоя. Исключив их из общего числа дефектов, получаем дефектные нормы 78, 39 и 352 млн⁻¹ для каждого типа припойной пасты; среднее значение — 156 млн⁻¹.

Влияние размера КП

Из четырех различных типов КП, используемых в эксперименте, три были выполнены в соответствии с IPC-7351. Их размеры указаны в таблицах 2 и 3. Результаты применения различных КП представлены на рис. 18. Самый большой размер КП (IPC-M) привел к меньшему количеству дефектов — 4271 млн⁻¹ (2904 млн⁻¹, исключая шарики припоя). Средний размер КП (IPC-N) привел к большему количеству дефектов — 5690 млн⁻¹, но без учета шариков припоя результат не намного лучше — 2161 млн⁻¹. Учитывая, что основная цель применения компонентов 0201 — наиболее плотное заполнение пространства ПП, применение средних размеров КП может быть лучшим решением, компромиссом между функциональными возможностями и возможностями производства. Использование наименьшей КП (IPC-L) привело высокому количеству дефектов — 22 786 млн⁻¹ (16 003 млн⁻¹, исключая шарики припоя).

Однако следует учесть, что при проектировании новой платы, тем более с применением 0201 (что подразумевает проектирование сверхплотной платы), возникает противоречие — с одной стороны, у конструктора есть жесткие требования минимизировать размеры изделия, а с другой — есть требование технологов правильно, в соответствии с рекомен-

Таблица 2. Размеры компонентов 0201

Тип компонента	X	Y	Z	Длина вывода	Ширина вывода
C	0,27	0,53	0,26	0,12	0,26
R	0,26	0,58	0,21	0,15	0,27
C	10,8	21,2	10,3	4,8	10,2
R	10,3	22,7	8,2	5,9	10,6

Размеры в мм. Из партии была сделана выборка по 10 компонентов каждого типа, они были измерены, и результаты представлены в таблице

Таблица 3. Размеры КП

Наименование стандарта	Размер КП
IPC-M	0,5×0,5 мм (19,7×19,7 mils)
IPC-N	0,4×0,4 мм (15,7×15,7 mils)
IPC-L	0,3×0,3 мм (11,8×11,8 mils)

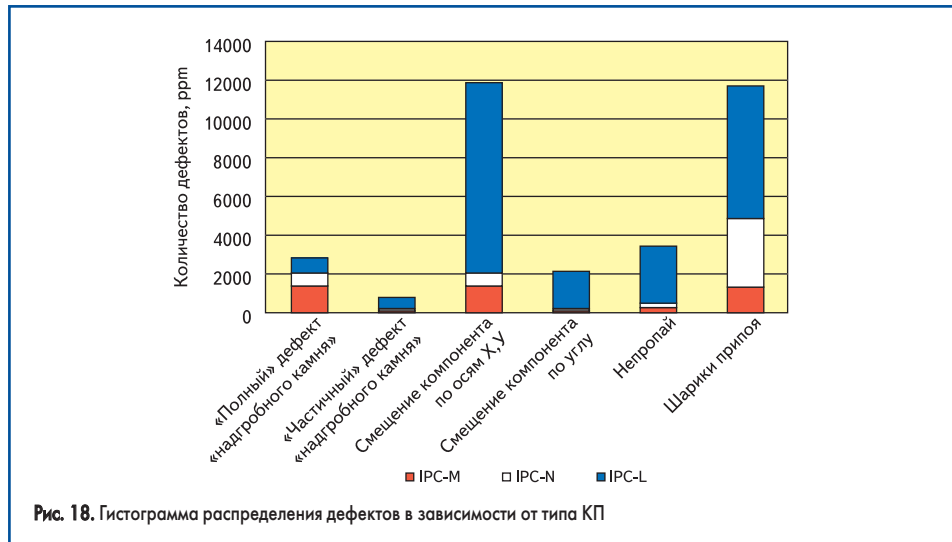


Рис. 18. Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа КП

дациями IPC, спроектировать КП. И обычно приемлемым решением становится та самая КП среднего размера.

Выводы

В данном эксперименте было изучено влияние на возникновение дефекта «надгробного камня» таких факторов, как — тип компонента, форма КП, смещение отпечатка паяльной пасты, смещение компонента при установке, вид термопрофиля и среда пайки. Наибольшее влияние на формирование дефекта оказывает комбинация смещения отпечатка паяльной пасты по оси X на 0,1 мм (0,004") и смещение компонента при установке по осям X и Y на 0,1 мм. Далее в порядке убывания идут тип компонента, его ориентация при движении в печи и атмосфера пайки.

Из четырех коэффициентов два не поддаются управлению. Тип компонента и его ориентация при пайке — характеристики, закладываемые на этапе разработки изделия, и вряд ли они могут быть изменены. Влияние среды пайки не всегда возможно исключить, так как применение азотной среды ограничено не только возможностью оборудования к такой пайке, но еще и стоимостью изделия, куда в конечном счете войдут и затраты на азот. Самое большое влияние оказывают следующие коэффициенты — смещение отпечатка паяльной пасты и смещение компонента при установке.

Ими почти полностью можно управлять в процессе монтажа. Применение отмывной паяльной пасты также снизило объем дефектов с 11 823 до 2513 млн⁻¹, или с 7845 до 156 млн⁻¹ без учета шариков припоя.

Компенсацию обоих смещений можно обеспечить настройкой процесса. Высокой точности позиционирования можно добиться калибровкой, а программы принтеров и установщиков могут быть масштабированы, чтобы компенсировать погрешности ПП. Известно, что управление процессом улучшает производительность и объем выпуска, и поскольку размеры компонентов становятся все меньше и меньше, управление основными параметрами становится все более и более важным. Видно, что «неаккуратно» построенный процесс приводит к большому числу дефектов и требует корректировки на всех этапах.

Из трех типов паяльных паст процент дефектов меньше всего у безотмывного оловянно-свинцового припоя. При условиях корректного нанесения припойной пасты и установки элементов обе безотмывные пасты показали уровень дефектов меньше 100 млн⁻¹ независимо от атмосферы, термопрофиля и формы КП.

Из четырех типов КП самая большая КП дала меньше всего дефектов, кроме того, небольшое количество дефектов показала средняя форма КП. Наименьшая форма КП показывала в четыре с лишним раза больше дефектов, чем большая и средняя форма КП.