

выхода годных изделий и показателей надежности, повышению стоимости РЭС. Способствовать передаче в производство только оптимизированных процессов может их аттестация на стадии разработки.

В данной работе разработана методика аттестации технологических процессов по точности и стабильности.

Аттестация технологических процессов представляет собой систему организационно-технических и экономических мероприятий, направленных на повышение уровня технологии и обеспечение условий, гарантирующих стабильный выпуск изделий, соответствующих требованиям стандартов и потребителя.

Работа по аттестации проводится в два этапа: в начале оценивается уровень технологических процессов, затем производится непосредственно аттестация технологических процессов. Аттестация технологических процессов производится при условии, что данный технологический процесс обеспечивает качество выпускаемой продукции стабильно.

Оценка и аттестации технологических процессов должны предшествовать аттестации продукции. Изделие не должно быть предъявлено к аттестации, если уровень технологического процесса его производства не соответствует высшей или первой категории. Аттестация изделия не производится, если уровень технологических процессов его производства соответствует второй категории.

В работе проведен анализ основных показателей ТП, сформулированы основные условия и критерии оптимального ТП, разработана методика аттестации ТП по точности и стабильности, представлены основные методы и средства, необходимые для ее проведения.

Разработан типовой технологический процесс лазерной резки и прошивки отверстий в микроплатах на установке МЛ1-ИД и предложена частная методика его аттестации.

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЧИП-РЕЗИСТОРОВ

С.В.Тюлевиц, А.В.Наседкин, М.Н.Пиганов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Постоянно возрастающие требования рынка к новым изделиям радиозлектроники (функциональность, массогабаритные показатели, надежность и др.) заставляют разработчиков, как правило, усложнять схемотехнические решения. При необходимости снижения габаритов и массы указанные причины приводят к увеличению плотности расположения компонентов в печатных узлах и применению интегральных микросхем с

минимальными размерами корпусов при большом количестве выводов и малом их шаге. Печатные узлы становятся все более технологически сложными [1].

Мировые производители на данном этапе широко применяют различные системы контроля на всех стадиях технологического процесса сборки печатных узлов.

В данной работе была поставлена задача разработки методики контроля чип-резисторов при поверхностном монтаже космической аппаратуры и анализа качества паяных соединений.

Проведем анализ качества пайки резистора R12 из таблетки № 1. Общий вид резистора в таблетке приведен на рис. 1 (70х; 3,1 мм).



Рис. 1

На рис. 2 приведено электронное изображение (500х; 433,4 мкм) области паяного соединения (левая сторона), на рис. 3 – области раковины в припое (1000х; 216,7 мкм), а на рис. 4 - тоже с размерами.



Рис. 2



Рис. 3

Как видно из рис. 4 глубина раковины ( $D_2$ ) составляет 72 мкм при толщине припоя ( $D_1$ ) 130,24 мкм. На рис. 5 приведено электронное изображение (300х; 722,3 мкм) области паяного соединения (правая сторона). На рис. 5 видна раковина в припое.



Рис. 4

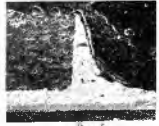


Рис. 5

На рис. 6 приведено изображение раковины в увеличенном виде (1000x; 216,7  $\mu\text{m}$ ), а на рис. 7 приведены размеры раковины. Глубина раковины  $D_2$  составляет 60,16  $\mu\text{m}$ , толщина припоя -- 77,15  $\mu\text{m}$ , толщина проводника  $D_1$  на торцевой поверхности резистора-- 5,58  $\mu\text{m}$ .



Рис. 6

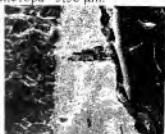


Рис. 7

На рис. 8 приведено электронное изображение (3000x; 72,23  $\mu\text{m}$ ) дефектных областей (3 зерна) в области припоя (правая часть), а на рис. 9 -- тоже с размерами.

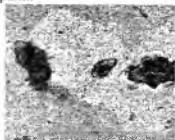


Рис. 8

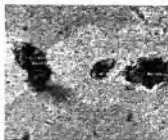


Рис. 9

На рис. 10 приведен элементный состав включения с размером  $D_3=17,03 \mu\text{m}$ . Имеем: Al -- 47,4; Au -- 2,09; Sn -- 1,04; Pb -- 1,0; Si -- 0,22; C -- 9,15; O -- 39,11 вес. %. На рис. 11 приведен элементный состав включения с размерами:  $D_1=23,62 \mu\text{m}$ ;  $D_2=12,78 \mu\text{m}$ . Имеем: Al -- 40,74; Au -- 0,84; Ag -- 0,37; As -- 0,18; Si -- 0,17; Na -- 0,17; C -- 14,13; O -- 43,41 вес. %.

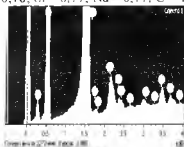


Рис. 10

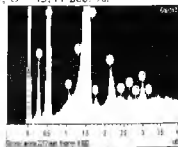


Рис. 11

На рис. 12 приведен элементный состав контактной площадки на печатной плате в точке 1. Имеем: Cu – 89,73; Au – 1,68; C – 7,59; O – 1,01 вес. %. На рис. 13 приведен элементный состав области припоя над данной контактной площадкой в точке 2. Имеем: Sn – 64,2; Pb – 26,42; Al – 1,33; Ag – 1,18; Au – 1,15; O – 9,24 вес. %.

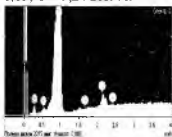


Рис. 12

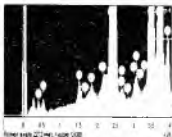


Рис. 13

На рис. 14 приведен элементный состав проводника чипа на торцевой поверхности в точке 3 (см. рис. 7). Имеем: Ni – 45,59; Sn – 42,53; Cu – 1,73; Au – 1,57; Al – 0,53; C – 5,62; O – 2,42 вес. %. На рис. 15 приведен элементный состав в точке 5. Имеем: Al – 43,35; Au – 1,28; Si – 0,21; Mg – 0,17; C – 9,47; O – 45,52 вес. %.

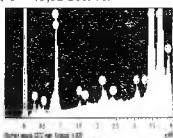


Рис. 14

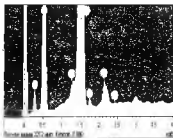


Рис. 15

На рис. 16 приведен элементный состав тела резистора в точке 6 (она расположена левее точки 5). Имеем: Al – 44,54; Au – 0,96; C – 8,43; O – 46,07 вес. %.

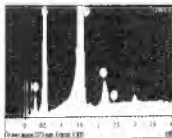


Рис. 16

На рис. 17 приведено электронное изображение дефекта в теле резистора в виде ямки (6000х; 36,11  $\mu\text{m}$ ). Видимо выкрошилось зерно при распилке или шлифовке.



Рис. 17

На рис. 18 приведены результаты анализа на дне этой ямки. Имеем: Al – 32,7; Au – 1,5; Si – 1,18; C – 16,82; O – 47,8 вес. %.

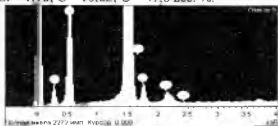


Рис. 18

На рис. 19 приведен элементный состав проводника на печатной плате под телом чипа в точке 8. Имеем: Cu – 90,04; Au – 1,09; C – 7,91; O – 0,96 вес. %.

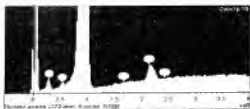


Рис. 19

На рис. 20 приведен элементный состав проводника (КП) на печатной плате в левой части чипа в точке 9. Имеем: Cu – 90,76; Au – 1,03; C – 7,32; O – 0,89 вес. %.

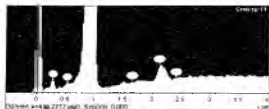


Рис.20

На рис. 21 приведен элементный состав припоя в точке 10. Имеем: Sn – 54,3; Pb – 27,94; Ag – 2,02; Al – 1,18; Au – 1,17; C – 4,25; O – 8,48; N – 0,66 вес. %.

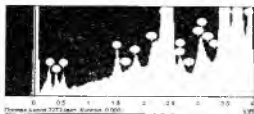


Рис.21

На рис. 22 приведен элементный состав в точке 11 (проводник на левом торце чипа, см. рис. 2). Имеем: Ni – 83,23; Ti – 2,49; Y – 1,93; Sn – 1,78; Au – 1,31; Al – 0,36; C – 7,9; O – 1,0 вес. %.

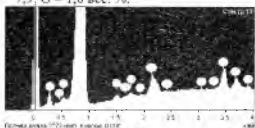


Рис.22

На рис. 23 приведен элементный состав в точке 12 (область клея, см. рис. 1). Имеем: Si – 4,31; Sn – 2,02; Au – 1,53; Mg – 1,44; Sb – 0,73; Br – 0,39; Cl – 0,34; Al – 0,04; C – 69,93; O – 25,26 вес. %.

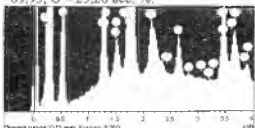


Рис.23

На рис. 24 приведен элементный состав переходной области от оболочки чипа к клею и эпоксидке в точке 13. Имеем: Al – 16,05; Au – 3,7; Sn – 1,55; Br – 0,92; Si – 0,37; Cu – 0,28; Cl – 0,08; C – 39,25; O – 37,8 вес. %.

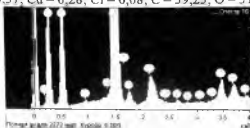


Рис.24

На электронном изображении видны впадины (видимо выкрашивание материала при разрезке или шлифовке) глубиной от 60 до 127 ADU. На припое наблюдаются впадины глубиной до 160 ADU.

#### Заключение

Проведенный анализ показал следующее.

Содержание Sn в паяных соединениях изменяется от 54,3 (точка 10, левая сторона) до 64,2 вес. % (точка 2, правая сторона). Содержание Pb изменяется от 26,42 (точка 2) до 27,94 вес. % (точка 10). Соотношение Sn/Pb изменяется от 1,94 (точка 10) до 2,43 (точка 2). Качество паяных соединений, в основном, является хорошим.

В области паяных соединений (левая сторона правее точки 10 и правая сторона на торцевой части резистора – рис. 5) обнаружены дефекты в виде раковин. Глубина раковины на правой стороне составляет 60,16  $\mu\text{m}$  при толщине припоя 77,15  $\mu\text{m}$ . Возможно образование раковин связано с низким качеством процессов резки-шлифования образцов. Обнаружены также (правая сторона) дефекты в виде зерен с размерами от 12,6 до 23,62  $\mu\text{m}$ . Спектрограммы от этих зерен показали большое содержание Al (от 40,74 до 47,4 вес. %). Явно, это включения абразива.

Состав контактных площадок и проводников печатной платы является хорошим. Содержание меди в них изменяется от 89,73 (точка 1, правая КП) до 90,76 вес. % (точка 9, левая КП). В проводнике под чипом (точка 8) содержится 90,04 вес. % Cu. Наличие углерода в этих областях связано, видимо, с загрязнениями органического происхождения.

Контакты чип-резистора содержат, в основном Ni. Его содержание колеблется от 45,59 (точка 3, правый торец, рис. 7) до 83,23 вес. % (точка 11, левый торец, рис. 2). Толщина контакта измерена только на правом торце. Она составляет 5,58  $\mu\text{m}$ . Видимо, эта величина не соответствует требуемой. Маловато. Необходимо уточнить у изготовителя чип-резисторов. Элементный анализ тела чипа показал, что в его состав входит в основном Al

(43,35 вес. % в точке 5 и 44,54 вес. % в точке 6) и О (45,52 вес. % в точке 5 и 46,07 вес. % в точке 6). В теле резистора обнаружены дефекты в виде ямок. Возможно, что это области выкрашивания зерен, образовавшиеся при распилке-шлифовке образцов. Однако не исключено, что это дефекты, образовавшиеся в процессе изготовления чипа.

#### Список использованных источников

1. Гафт С. Оптимизация производства. Современный подход к выбору стратегии контроля печатных узлов, блоков и систем // Поверхностный монтаж. – 2010. – № 6. – С. 34-38.

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАЙКИ BGA МИКРОСХЕМ

С.В.Тюлевин, А.И.Архипов, М.Н.Пиганов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Современная российская радиоэлектронная промышленность сильно зависит от зарубежных производителей и поставщиков. Отечественная элементная база по своим качественным характеристикам (надежность, функциональные возможности, технические параметры) отстает от зарубежной. Поэтому использование импортной элементной базы является вынужденной, но необходимой мерой.

Однако зарубежные комплектующие не всегда удовлетворяют заявленным требованиям по качеству и надежности. В последнее время даже имеют случаи поставки контрафактных компонентов. В связи с этим перед отечественными производителями аппаратуры для специальной техники, в том числе, ракетно-космической, стоит серьезная задача объективного контроля (в первую очередь входного) комплектующих (проверка на работоспособность, номинал), отбора высококачественных и прогнозирования их будущего состояния.

В работе [1] показано, что это является сложнейшей задачей, связанной с решением множества проблем (сохранность компонентов, наличие необходимых контактирующих устройств, специального тестового оборудования, проходной камеры, азотного устройства, минимизация человеческого фактора и др.).

В данной работе была поставлена задача изучения паяных соединений выводов BGA-микросхем с контактными площадками многослойной печатной платы. Контроль и изучение качества пайки проводились путем визуального морфологического исследования и микроанализа зоны паяного соединения по методике [2,3]. Для этого был использован сканирующий электронный микроскоп VEGAII с системой