

МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ*А. В. Азин^{1*}, С. А. Пономарев¹, С. В. Пономарев¹, В. Н. Лейцин², С. Б. Сунцов³¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

Российская Федерация, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36

²Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта

Российская Федерация, 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, 14

³АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»

Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52

*E-mail: antonazin@niipmm.tsu.ru

*Разработан метод неразрушающего контроля электронных плат. Метод ориентирован на мелкосерийное производство радиоэлектронной аппаратуры для космических аппаратов.**Ключевые слова: неразрушающий контроль, контактные соединения, печатная плата, надежность, долговечность.***NON-DESTRUCTIVE CONTROL METHOD**A. V. Azin^{1*}, S. A. Ponomarev¹, S. V. Ponomarev¹, V. N. Leitsin², S. B. Suntsov³¹Tomsk State University

36, Lenina Av., Tomsk, 634050, Russian Federation

²Immanuel Kant Baltic Federal University

14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russian Federation

³JSC Academician M. F. Reshetnev Information Satellite Systems

52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation

*E-mail: antonazin@niipmm.tsu.ru

*A method for nondestructive testing of electronic boards has been developed. This method focuses on small-scale production of electronic equipment for satellites.**Keywords: non-destructive testing, contact connections, printed circuit board, reliability, durability.*

При применении стандартных методов контроля качества выпускаемой электронной продукции сложно выявить скрытые дефекты, которые будут расти при эксплуатации электронной платы (ЭП) в составе аппаратуры космического аппарата (КА), а, следовательно, нельзя точно спрогнозировать срок эксплуатации аппаратуры в целом.

Экспериментальные исследования на образцах ЭП показали, что метод акустической эмиссии (АЭ) позволяет обнаружить скрытый дефект в конструкции ЭП [1]. На рис. 1, а, б представлен образец электронной платы с микросхемой на BGA контактах и результаты испытаний образца методом АЭ (● – датчик АЭ; ■ – обнаруженный дефект). Для определения геометрических размеров обнаруженных дефектов использовался метод рентгеновской томографии (РТ). На рис. 1в представлен снимок с выявленными скрытыми дефектами. Для прогнозирования ресурса работы электронной платы с обнаруженными дефектами проводится численный анализ. В задаче напряженно-деформированное состояние ЭП определялось при температурном цикле: от –55 до +125 °С, скорость охлаждения и нагрева составляет 10 °С/мин [2].

Рассмотрены два типа численных моделей: общая и локальная [3; 4]. Общая модель отображает всю электронную плату (рис. 2, а). Результатом решения является поле перемещений для всех узлов модели. Далее это поле перемещений прикладывается к паяным соединениям с дефектами в локальной модели для определения максимума интенсивности напряжений (рис. 2, б–г). Рассмотрены три случая дефектных контактов (рис. 1, в). Для определения количества циклов до момента разрушения контактного паяного соединения используется функция повреждаемости материала В. В. Москвитина [5].

По результатам решения определено, что при данной скорости нагружения быстрее всего разрушится дефектное паяное соединение второго случая, ЭП отработает при этом 3750 ч.

Заключение. При совместном использовании методов АЭ и РТ получены данные о местоположении и о геометрических размерах скрытых дефектов. С помощью методик определения остаточного ресурса определены сроки функционирования ЭП при заданных эксплуатационных нагрузках.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16–38–00743 мол_а.

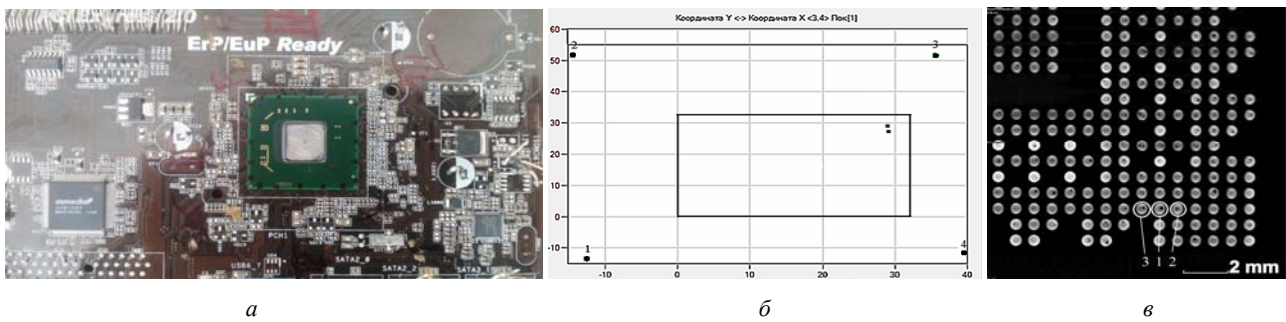


Рис. 1. Экспериментальные исследования:

a – образец ЭП; *б* – диаграмма АЭ результатов поиска дефектов; *в* – рентгеновский снимок

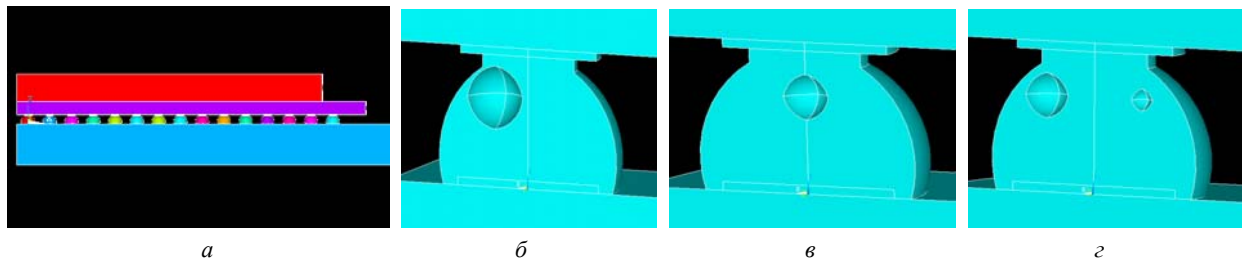


Рис. 2. Численный анализ:

a – общая модель; *б*, *в*, *г* – локальная модель, первый, второй, третий случай соответственно

Библиографические ссылки

1. The applicability of acoustic emission method to modeling the endurance of metallic construction elements / S. V. Ponomarev [et al.] // *Conference Series : Materials Science and Engineering*. 2015. T. 71. С. 012056.
2. Finite element analysis of the effect of silver content for Sn–Ag–Cu alloy compositions on thermal cycling reliability of solder die attach / K. C. Otiaba [et al.] // *Engineering Failure Analysis*, 2013. T. 28. С. 192–207.
3. Экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния и оценка долговечности BGA- и CGA-контактов электронных модулей / А. В. Азин [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Физика*, 2011. № 10/2. С. 146–153.
4. Ladani L. J. Damage initiation and evolution in voided and unvoided lead free solder joints under cyclic thermo-mechanical loading : diss. ... Doctor of philosophy. University of Maryland. 2006. 204 с.
5. Москвитин В. В. Циклические нагрузки элементов конструкций. М. : Наука, 1981. 344 с.

References

1. The applicability of acoustic emission method to modeling the endurance of metallic construction elements / S. V. Ponomarev [et al.] // *Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2015, Vol. 71. P. 012056.
2. Otiaba K. C., Bhatti R. S., Ekere N. N., Mallik S., Ekpui M. Finite element analysis of the effect of silver content for Sn–Ag–Cu alloy compositions on thermal cycling reliability of solder die attach. *Engineering Failure Analysis*. 2013. Vol. 28. P. 192–207.
3. [Experimental-theoretical study of stress-strain state and evaluation of the durability of BGA- and CGA-contacts of electronic modules] / A. V. Azin [et al.]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika*. 2011, no. 10/2. P. 146–153. (In Russ.)
4. Ladani L. J. Damage initiation and evolution in voided and unvoided lead free solder joints under cyclic thermo-mechanical loading : diss. ... Doctor of philosophy. University of Maryland Publ. 2006. 204 p.
5. Moskvitin V. V. Tsiklicheskie nagruzheniya elementov konstruktsiy [Cyclic loading of structural elements]. Moscow, Nauka Publ. 1981. 344 p.

© Азин А. В., Пономарев С. А., Пономарев С. В.,
Лейцин В. Н., Сунцов С. Б., 2017