

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 62-529

DOI: 10.18413/2518-1092-2017-2-2-3-8

Осипенко А.А.
Игнатенкова О.А.
Григоров М.С.
Басов О.О.

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ИНСПЕКЦИИ
И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ**

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации», ул. Приборостроительная, 35, г. Орёл, 302034, Россия

e-mail: rijaya_oska@rambler.ru, olesya_ignatenko@mail.ru, gms.orel@mail.ru, oobasov@mail.ru

Аннотация

В работе представлен результат анализа принципов и частично методов контроля качества электронных модулей и их функциональных элементов на разных этапах их производства и эксплуатации. Систематизированы типы дефектов, выявляемые с помощью автоматической оптической инспекции и неразрушающего рентгеновского контроля. Приведены результаты анализа существующего уровня техники в области автоматической оптической инспекции и неразрушающего рентгеновского контроля дефектов электронных модулей. Определены возможности систем, сочетающих данные методы, и, в частности, подсистемы программного обеспечения, а также направления совершенствования алгоритмического и программного обеспечения этих систем в условиях возрастания сложности и неоднородности контролируемых изделий.

Ключевые слова: электронный модуль, оптическая инспекция, неразрушающий рентгеновский контроль, алгоритмическое и программное обеспечение.

UDC 62-529

Osipenko A.A.
Ignatenkova O.A.
Grigorov M.S.
Basov O.O.

**JUSTIFICATION FOR NEED OF COMBINED USE OF AUTOMATIC
OPTICAL INSPECTION AND NON-DESTRUCTIVE X-RAY CONTROL
OF ELECTRONIC MODULES**

Federal state military educational institution of higher professional education "Academy of the Federal security service of the Russian Federation", 35 Priborostroitelnaya St, Orel, 302034, Russia

e-mail: rijaya_oska@rambler.ru, olesya_ignatenko@mail.ru, gms.orel@mail.ru, oobasov@mail.ru

Abstract

The result of analysis of the principles and methods in part of quality control of electronic modules and their functional elements at different stages of their production and operation is provided in this paper. The defect types revealed by means of automatic optical inspection and non-destructive X-ray control are systematized. The result of analysis of the existing technique level in the field of automatic optical inspection and non-destructive X-ray control of defects of electronic modules are given. The possibilities of the systems combining these methods, and, in particular, software subsystems, and also the direction of enhancement of knoware and the software of these systems in the conditions of increase of complexity and non-uniformity of controlled products are defined.

Keywords: electronic module, optical inspection, non-destructive X-ray control, knoware and software.

В условиях постоянного развития в области производства конструктивно и функционально законченных радиоэлектронных устройств или радиоэлектронных функциональных узлов, выполненных в модульном или магистрально-модульном исполнении с обеспечением конструктивной, электрической, информационной совместимости и взаимозаменяемости, которые принято называть электронными модулями (ЭМ), промышленность предъявляет к их качеству ряд высоких требований, которые обоснованы сложностью их сборки и необходимостью быть конкурентоспособными на современном рынке [ГОСТ Р 52003-2003]. В Российской Федерации производство ЭМ регламентировано рядом нормативных документов [ГОСТ Р 56427-2015], в которых описаны технические требования к разработке, изготовлению, параметрам, размерам электронных модулей. Чтобы производимая продукция удовлетворяла данным требованиям, необходимо осуществлять процесс контроля качества ЭМ (рис. 1) путем определения наличия поверхностных и скрытых дефектов (табл. 1) с помощью специальных методов контроля на разных этапах их производства и эксплуатации [Миллер Д., 2014; Калинин Н.П., Викторова М.О., 2012; Гафт С., 2010].



Рис. 1. Технологическая схема сборки электронного модуля
Fig. 1. Technological assembly scheme of the electronic module

Таблица 1

Возможности АОИ и НРК по обнаружению и локализации дефектов различных типов

Table 1

Possibilities of AOI and AXI on detection and localization of defects of different types

Тип дефекта	АОИ	НРК
Дефект нанесения паяльной пасты		
- отсутствие паяльной пасты	+	-
- неправильное нанесение паяльной пасты	+	-
Дефекты компонентов ЭМ		
- отсутствие компонента	+	-
- смещение компонента	+	+
- отсутствие вывода компонента	+	-
- неверная полярность компонента	+	-
- неточное совмещение компонента с контактной площадкой	+	-
- приподнятый вывод компонента (эффект «надгробного камня»)	+	+
- установка несоответствующего компонента	+	-
- отсутствие электрического контакта компонента	+	-
- повреждение компонента и царапины на нем	+	-
- разворот компонента на ребро	+	-
- перевернутый компонент	+	-

Дефекты паяных соединений		
- недостаточное количество припоя	+	+
- избыточное количество припоя	+	+
- наплывы или натеки припоя	+	+
- холодная пайка	+	+
- короткое замыкание (мостик припоя)	+	+
- смещение и перекося паяного соединения	+	+
- не образуется галтели с обратной стороны шва	+	+
- неправильная форма галтели	+	+
- осадки на поверхности	+	-
- трещина в зоне паяного соединения	+	+
- некачественное состояние поверхности изделий после пайки	+	-
- недостаточная смачиваемость припоем контактных площадок печатных плат и выводов	-	+
- инспекция свинцовых и бессвинцовых паяных соединений	-	+
- наличие и процентное содержание пустот	-	+
Дефекты внутреннего состояния полупроводниковых приборов		
- качество разварки соединительного проводника кристалл – рамка	-	+
- наличие пустот между подложкой и кристаллом	-	+
- наличие пустот в корпусе	-	+
- микротрещины компонента	-	+
Дефекты изготовления печатной платы		
- качество металлизации переходных отверстий (нарушение металлизации)	-	+
- отклонения диаметра переходного отверстия	-	+
- смещение слоев	-	+
- состояние печатных проводников, в том числе и внутренних слоев	-	+

Самыми распространенными в настоящее время методами контроля качества ЭМ являются оптический и рентгеновский неразрушающий контроль. Автоматическая оптическая инспекция (АОИ) предполагает определение поверхностных дефектов компонентов и конфигурации сборок ЭМ, а также дефектов при нанесении паяльной пасты на них [Дойл Д., 2008]. Для инспекции скрытых соединений (контроль качества BGA, CSP, CGA, μ BGA, FlipChip компонентов) используется неразрушающий рентгеновский контроль (НРК) [ГОСТ 18353-79].

Оператором АОИ и/или НРК выполняется большой объем работ, связанных с анализом изображений, которые были получены в процессе контроля, на предмет наличия и локализации дефектов. Для решения этой проблемы, а также в целях повышения качества проведения инспекций, системы, реализующие представленные выше методы, активно автоматизируются.

Для обнаружения всех возможных типов дефектов (табл. 1) и снижения времени на их локализацию целесообразно совместно использовать оптический и рентгеновский неразрушающий контроль ЭМ (рисунок 2). Соответствующие системы, сочетающие указанные виды контроля, называют комбинированными [Левданский А., 2005; Григоров М.С., Басов О.О., 2015].



Рис. 2. Эффективность совместного применения АОИ и НРК для обнаружения дефектов
Fig. 2. The efficiency of combined use of AOI and AXI for the defect detection

В настоящее время разработкой, выпуском и продажей комбинированных систем оптического и рентгеновского контроля занимаются лишь несколько компаний. Самыми известными из них являются немецкая компания VISCOM и японская компания Yamaha Motor Group. Комбинированные системы данных фирм позволяют распознавать все визуальные и скрытые дефекты ЭМ без их необходимости перемещения из системы в систему.

Самой известной комбинированной системой в настоящее время является универсальная инспекционная система X7056 компании VISCOM (рис. 3). Она позволяет проводить автоматизировано параллельный оптический и трехмерный рентгеновский контроль. X7056 является модульной и по желанию потребителя может комплектоваться различными камерами. Система способна анализировать платы размером до 610x508мм (24"x20"). Ее размер составляет в длину 1,74 м, а вес, в зависимости от комплектации, - от 2500 кг до 3600 кг. В состав X7056 для проведения рентгеновского контроля входит инспекционная трубка VISCOM, предполагающая разрешение от 5 до 20 мкм/пиксель и гарантирующая получение изображения высокой четкости при 3D-инспекции ЭМ. В зависимости от модели трубки и режима ее работы при определенном напряжении (120 или 160 кВ) возможно изменять интенсивность рентгеновского излучения и получать изображение различной яркости.

Для проведения оптической инспекции в X7056 используются ортогональные и угловые камеры с высоким разрешением. Скорость работы системы при рентгеновской инспекции – 6 см²/с, при оптической инспекции – 20-40 см²/с. Система способна обрабатывать цветные изображения. Для работы с X7056 необходим только один оператор.



Рис. 3. Универсальная инспекционная система X7056 компании VISCOM
Fig. 3. The universal inspection system X7056 of the VISCOM company

Исходя из анализа существующего на сегодняшний день программного обеспечения средств оптического и рентгеновского контроля, к его основными возможностями можно отнести [www.viscom.com]:

- создание инспекционной программы с возможностью задания в ней контрольных образцов ЭМ;
- поддержка инспекционной библиотеки, в которой хранятся различные типы компонентов;
- сравнение полученных оптических и рентгеновских изображений с контрольным образцом и определение различий для каждого вида изображения в отдельности;
- классифицирование обнаруженных дефектов и поиск их в базе данных;
- вывод цветного изображения ЭМ (фотографии в реальном цвете) на экран при АОИ и изображения в градациях серого при НРК.

Несмотря на очевидные преимущества, комбинированные системы оптического и рентгеновского неразрушающего контроля и их специализированное программное обеспечение существуют и недостатки:

- данные системы не позволяют производить операции по выявлению дефектов с одновременным использованием оптического и рентгеновского изображения ЭМ с целью облегчения верификации результатов автоматического обнаружения дефектов оператором контроля;
- алгоритмы, реализующие задачу формирования крупномасштабных изображений с высоким разрешением, основаны на сшивке изображений по координатной сетке. В случае нарушения позиционирования фотокамеры или источника рентгеновского излучения, процесс обнаружения дефектов будет связан с большим количеством ошибок;
- программно-алгоритмическое обеспечение рассматриваемых систем является интеллектуальной собственностью производителя, что не позволяет применять его и адаптировать для систем другого типа.

Следовательно, актуальным остается вопрос совершенствования алгоритмического и программного обеспечения комбинированных систем, позволяющего получить новые возможности в решении задач оптической и рентгеновской инспекций в условиях возрастания сложности и неоднородности контролируемых изделий.

Список литературы

1. Гафт С., 2010. Современные методы обеспечения качества и надежности электронных модулей и блоков. Электронные компоненты. 7: 13-17.
2. ГОСТ 18353-79, 1979. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. М.: ИПК Изд-во стандартов. 12 с.
3. ГОСТ Р 52003-2003, 2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения. М.: ФГУП "Стандартинформ", IV, 7 с.
4. ГОСТ Р 56427-2015, 2015. Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств. Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологий. Технические

требования к выполнению технологических операций. М.: ФГУП "Стандартинформ". 36 с.

5. Дойл Д., 2008. Раскрытие возможностей автоматической оптической инспекции. Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 4: 65-67.
6. Калинин Н.П., Викторова М.О., 2012. Атлас дефектов паяных соединений: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 83 с.
7. Левданский А., 2005. Оптический и рентгеновский контроль печатных плат при помощи одной системы. Технологии в электронной промышленности. 6: 52-54.
8. Миллер Д., 2014. Возможности и перспективы АОИ и рентгеновского контроля. Производство электроники, 3: 124-127.
9. Григоров М.С., Басов О.О., 2015. Метод формирования рентгеновского мультиизображения изделия микроэлектроники с неоднородной структурой. Научные ведомости БелГУ. Серия Экономика. Информатика. 7 (204): 67-72.
10. AOI programming with EasyPro3D. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.
11. Viscom auxiliary modules. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.
12. X7056RS. In-line X-ray and optical inspection for electronic assemblies. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.

References

1. Gaft S., 2010. Modern methods of ensuring the quality and reliability of electronic modules and units. Electronic components. 7: 13-17.
2. GOST 18353-79, 1979. Non-destructive testing. Classification of species and methods. Moscow: IPK Publishing Standards. 12 p.
3. GOST 52003-2033, 2003. Levels of disaggregation of radio electronic means. Terms and Definitions. Moscow: FSUE "Standartinform", IV, 7 p.
4. Soldering of electronic modules of radio-electronic means. Automated mixed and surface mounting using lead-free and traditional technologies. Technical requirements for the execution of technological operations. Moscow: FSUE "Standartinform". 36 p.
5. Dojl D., 2008. Opportunity of automatic optical inspection. Electronics production: technologies, equipment, materials. 4: 65-67.
6. Kalinichenko N.P., Viktorova M.O., 2012. Atlas of defects of soldered joints: a manual. Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University. 83 p.
7. Levdanskij A., 2005. Optical and X-ray inspection of printed circuit boards using a single system. Technologies in the electronics industry. 6: 52-54.
8. Miller L., 2014. Opportunities and prospects of IDF and X-ray control. Electronics production, 3: 124-127.
9. Grigorov M.S., Basov O.O., 2015. Method of formation of the x-ray multiimage of the product of microelectronics with non-uniform structure. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies. 7 (204): 67-72.
10. AOI programming with EasyPro3D. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.
11. Viscom auxiliary modules. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.
12. X7056RS. In-line X-ray and optical inspection for electronic assemblies. URL: www.viscom.com/europe/products/software/.

Осипенко Анна Александровна, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации
Игнатенкова Олеся Александровна, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации

Григоров Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации

Басов Олег Олегович, кандидат технических наук, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации

Osipenko Anna Alexandrovna, Academy of the Federal security service of the Russian Federation

Ignatenkova Olesya Aleksandrovna, Academy of the Federal security service of the Russian Federation

Grigorov Mikhail Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Academy of the Federal security service of the Russian Federation

Basov Oleg Olegovich, Candidate of Technical Sciences, Academy of the Federal security service of the Russian Federation