

B: Atomic, Molecular and Optical Physics. – 2014. – Vol. 47. – No. 23. – No. paper 234008. – 10 p.

2. Li, Y., Li, Y., Wang, S., Li, S., He, H. The development and evaluation of solid-state detector arrays for high energy X-ray imaging // Nuclear Science Symposium Conference Record, IEEE. – 2003. – Vol. 2. – P. 1374–1377.

3. Chakhlov, S V., Kasyanov, S.V., Kasyanov, V.A., Osipov, S.P., Stein, M.M., Stein, A.M., Xiaoming, S. Betatron application in mobile and relocatable inspection systems for freight transport control // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing. – 2016. – Vol. 671. – No. 1. – No. paper 012024. – 5 p.

4. Касьянов, В.А., Касьянов, С.В., Осипов, С.П. Особенности регистрации высокоэнергетического тормозного излучения в досмотровом контроле // Датчики и системы. – 2006. – № 3. – С. 10–13.

5. Завьялкин, Ф.М., Осипов, С.П. Зависимость среднего значения и флуктуаций поглощенной энергии от радиуса цилиндрического сцинтиллятора // Атомная энергия. – 1985. – 59. – вып. 4. – С. 281–283.

6. Завьялкин, Ф.М., Осипов, С.П. Расчет функций рассеяния линейки сцинтилляционных детекторов // Атомная энергия. – 1986. – Т. 60. – вып. 2 – С. 146–148.

7. Кольчужкин, А.М. Метод «Монте-Карло» в теории переноса излучения. Учебное пособие. – Томск: ТПУ. – 2004. – 104 с.

8. Руководство по радиационной защите для инженеров. Т. I. Перевод с англ. Под ред. Бродера Д.А. – М.: Атомиздат. – 1972. – 424 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

*Карбина Ю.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Плотникова И.В., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Надежность электронной техники во многом зависит от надежности межблочного монтажа и печатных плат, следовательно, контроль качества печатных плат на всех этапах производства необходим, с помощью различных методов контроля.

*Рентгеноскопический контроль плат* в технологии сборки печатных узлов предназначен в первую очередь для контроля пайки скрытых выводов. Так, например, после пайки компонента BGA просмотреть визуальным методом все шарики припоя не

возможно. Минусом данного метода можно считать высокую стоимость оборудования, а так же то, что непосредственный анализ снимков, как и в случае визуального контроля, ведет оператор. Причем время анализа может превышать время анализа снимков визуального контроля.

Рентгеноскопический контроль - метод радиационного неразрушающего контроля, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое.

Несколько лет назад оборудование для контроля при помощи рентгеновских лучей интересовало только опытные производства, но сегодня при высокой плотности монтажа и применении компонентов со скрытыми выводами, возрастает потребность в таком контроле в условиях серийного производства.

К сожалению, наличие автоматического оптического и электрического контроля не гарантирует 100%-ного контроля качества собранных электронных изделий. Есть еще и скрытые дефекты в паяных соединениях (микротрещины, пузырьки воздуха, ненадежный контакт скрытых выводов компонентов BGA и т.п.), которые проявляются в процессе эксплуатации электронных узлов. Заранее их можно обнаружить на оборудовании, использующем рентгеновские лучи.

Контроль пайки радиоэлектронных изделий (ЭРИ) визуальным или оптическим методами довольно проблематичен, поскольку большая часть шариков скрыта выводами, расположенными на краю компонента. Поэтому проверка должна осуществляться на установке рентгеновского контроля. В основе данного метода лежит просвечивание исследуемой области платы электромагнитным рентгеновским излучением и получение изображения объекта на приемнике.

Рентгеновские системы, обладающие высоким разрешением, способны очень точно оценивать качество скрытых паяных соединений. В отличие от оборудования с машинным зрением и оптическим контролем рентгеновские системы просвечивают материалы, чтобы показать скрытые паяные соединения в различных приборах с планарным массивом выводов.

Дефекты пайки бывают следующих видов:

- Непропаи из-за недостаточного количества припоя
- Замыкание/короткое замыкание из-за излишка припоя
- Поры из-за наличия пузырьков воздуха в припое

–Неправильное расположение/отклонение из-за неточного расположения компонентов.

То, насколько легко разглядеть эти дефекты, зависит от разрешения изображения. Такие дефекты, как замыкания и серьезные отклонения, можно обнаружить при помощи микроскопа. Для обнаружения других дефектов, например, пор, требуются рентгеновские методы исследования, дающие разрешение до одного микрона и имеющие мощность более 100 Вт.

Система рентгеновского контроля, используемая на предприятии, позволяет выявить многие визуально не обнаруживаемые дефекты, например:

- пустоты;
- перемычки между выводами;
- трещины;
- шарики припоя;
- отсутствие смачивания;
- неравномерность смещение слоев (контролируется по металлизированным отверстиям);
- короткое замыкание между проводниками в печатных платах и некоторых элементов конструкции компонентов.

Для компонентов (ЭРИ) она позволяет выявить:

- трещины в корпусе, в кристалле;
- разрывы (разрушение) проводников разварки;
- пустоты в припое/клее, на который монтируется кристалл;
- прогиб проводников разварки.

На предприятии в настоящий момент рентгеновский контроль используется по четырем направлениям:

- при изготовлении предохранителей;
- при изготовлении печатных плат;
- при исследовании несоответствий при изготовлении. испытаниях и эксплуатации изделий;
- при несоответствиях при входном контроле ЭРИ.

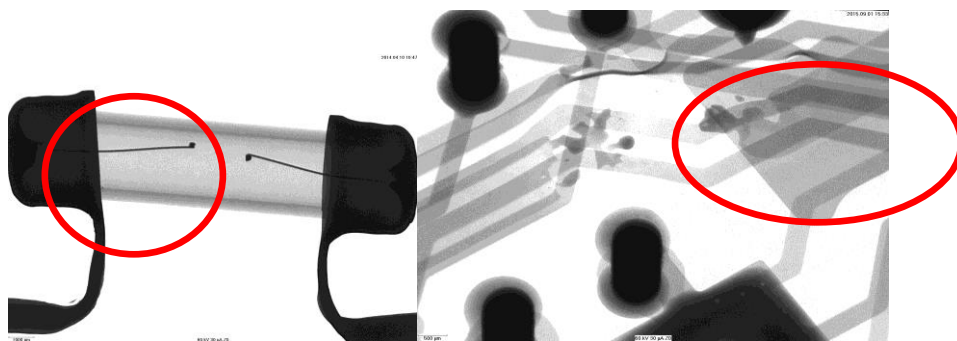
Примеры рентгеновских снимков приведены на рисунках 1, 2.

Данные примеры наглядно демонстрируют преимущества использования рентгеновского контроля. Статистика говорит, что 90% времени уходит именно на поиск и локализацию неисправности и только 10 %- на устранение самого дефекта.

С помощью рентгеноскопии можно изучать:

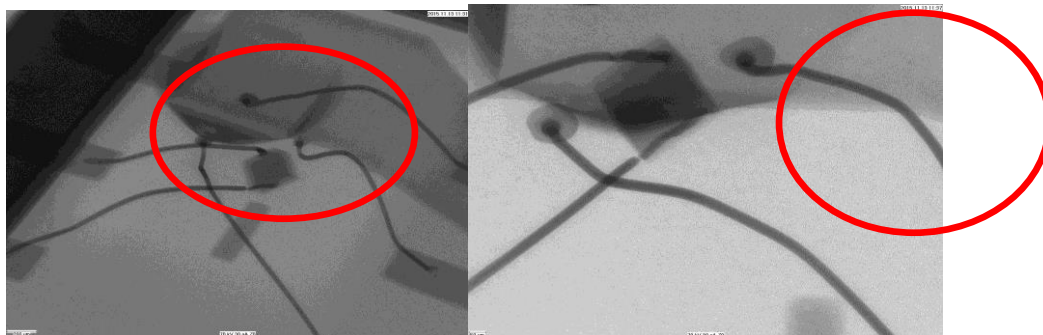
- расположение слоев;
- отклонение в толщине металлизации переходных отверстий.

–отклонения в плотности покрытия (металлизации) отверстий диаметром 200 мкм.



а)б)

Рисунок 1. а) При изготовлении предохранителей; б) при исследовании несоответствий печатных плат



а)б)

Рисунок 2. Внутренние обрывы, обнаруженные при проведении входного контроля ЭРИ

Там где меньше всего различимы оттенки отверстия, там толще слой покрытия и высокое сопротивление переходного отверстия.

В процессе электромонтажа печатных узлов могут так же возникать трещины и обрывы в медных дорожках платы. Причинами этого могут быть усталость металла в результате термического цикла, внешний стресс (падение). Так же трещины можно обнаружить в основном под наклоном.

Рентгеновский контроль плат используется исключительно после операции *пайки компонентов* или *отмывки печатных плат*. В силу своего небольшого спектра применения и высокой стоимости, оборудование для рентгеновского контроля плат используется не так часто как, скажем, оборудование для оптического контроля, однако если предприятие выпускает ответственную продукцию, в составе которой есть компоненты со скрытыми выводами, то использование оборудования такого типа становится необходимым.

## Список информационных источников

- 1.ГОСТ 24034-80 «Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения»;
- 2.Гафт С. Рентгеновский контроль – мощное средство для диагностики и локализации дефектов современных печатных плат. //Компоненты и технология. – 2004. - № 6. – с. 1-3.
- 3.Шмаков М. Выбор системы рентгеновского контроля. Взгляд технолога. //Технология в электронной промышленности. – 2006.-№ 5.
- 4.Левданский А. Оптический и рентгеновский контроль печатных плат при помощи одной системы. //Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 6.

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ НА ОСНОВЕ ФАЗОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

*Киселёв Е.К.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Фёдоров Е.М., к.т.н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Измерение ёмкости кабеля является неотъемлемой частью во всей кабельной промышленности. Ёмкость зависит от толщины проводников, длины кабеля, материала изоляции и прочих факторов. Как известно, ёмкость, способна пропускать переменный электрический ток. При этом от частоты тока зависит сопротивление, которое емкость оказывает переменному току. Чем она выше — тем сопротивление меньше. Вследствие чего, вместе с сопротивлением самих проводников, стоит также учитывать и ёмкость, что является важнейшей характеристикой кабеля.

Данный метод позволяет контролировать ёмкость кабеля ещё на стадии нанесения изоляции. Что делает процесс экономически выгодным с финансовой точки зрения. Также это дает возможность изначально задавать необходимую емкость и контролировать постоянство её значения по всей длине кабеля.

Поскольку на рассматриваемом этапе производства кабель не имеет ни второй жилы ни экранирующего слоя. Поэтому конструкция преобразователя, заменяющего второй электрод, должна обеспечивать полный контакт с кабелем на протяжении всего рабочего участка. Под рабочим участком кабеля понимается отрезок кабеля, на котором