

# Технология рентгеновского контроля

П. Алейников<sup>1</sup>

УДК 621.3 | ВАК 2.2.2

Рентгеновская инспекция качества – надежный метод проверки и своевременного обнаружения дефектов на производствах электроники. В статье рассматривается ряд особенностей технологии рентгеновского контроля качества и, в частности, вопросы, возникающие при работе с материалами, обладающими высокой плотностью, а также при обработке и хранении данных цифрового рентгеновского контроля.

**Р**ентгеновское излучение – это излучение электромагнитного спектра определенной энергии, так же как и свет или радиоволна. Основное промышленное применение рентгеновского излучения – неразрушающий контроль продукции, который возможен благодаря свойству этого излучения проникать сквозь изучаемый объект, поглощаясь в нем с той или иной степенью.

## КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

Чтобы уверенно контролировать материалы с высокой плотностью, необходима высокая энергия рентгеновского излучения (рис. 1). Такая энергия достигается за счет высоких напряжения и тока самой трубки, ведь после взаимодействия с мишенью пучок электронов от катода преобразуется в рентгеновское излучение. Но далеко не весь.

По самым аккуратным оценкам, в современных рентгеновских трубках энергия пучка электронов преобразуется в энергию рентгеновского излучения в соотношении 100:1. То есть 99% энергии, попавшей на мишень, переходит в тепловую энергию и лишь 1% преобразуется в полезное рентгеновское излучение.

В таких условиях инженерам приходится прикладывать все возможные усилия для создания конструкции мишени с максимальной степенью теплопроводности. Ведь если сфокусировать большую мощность на малом диаметре фокусного пятна, возникает риск прогорания мишени и выхода всей рентгеновской трубки из строя. Таким образом, проверка небольших объектов, содержащих материалы с высокой поглощающей способностью, ограничена либо малой мощностью (почти полное отсутствие проникновения, что приводит к зашумленным изображениям или длительному времени получения



Рис. 1. Параметры образца, влияющие на поток прошедшего излучения

изображения), либо разрешением (увеличение площади фокусного пятна с увеличением мощности, что приводит к размытию изображения).

Проблему теплопроводности классической мишени в этом случае решили при помощи комбинации материалов: вольфрама – как основы мишени, и алмаза в качестве теплопроводящего элемента. При этом алмаз химически осаждается из газовой фазы, то есть подложка из вольфрама помещается в алмазные пары, вступает с ними во взаимную реакцию, и в итоге на поверхности подложки формируется слой необходимой толщины.

Такие вольфрамовые подложки с алмазным покрытием собирают в своеобразные сэндвичи с последовательными слоями вольфрама и алмаза. И именно из такого материала производят мишени для рентгеновских трубок.

Эта технология позволила увеличить мощность пучка на заданном диаметре фокусного пятна до двух раз по сравнению с классическими вольфрамовыми мишенями. И именно вольфрам-алмазные мишени сейчас установлены в большинстве рентгеновских трубок, используемых на современных производствах электроники.

<sup>1</sup> ООО «Остек-Умные технологии», руководитель отдела технической поддержки.

Они позволяют получить изображения лучшего качества за требуемое время контроля, либо улучшить качество при сохранении времени. В следующей части статьи перейдем к вопросу хранения таких изображений.

## ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ

Переход на цифровой рентгеновский контроль позволил избавиться от недостатков пленочной технологии. Из технологического процесса исключены проявка и ожидание итогового результата, работа с цифровым изображением упростила поиск дефектов, а архив изображений больше не требует отдельного помещения.

Вместе с этим возник вопрос о стандартизированной обработке и хранении цифровых рентгеновских снимков. В статье мы рассмотрим основные принципы работы с данными цифрового рентгеновского контроля на основе международных стандартов и опыта из смежных областей неразрушающего рентгеновского контроля.

Результат цифрового рентгеновского исследования образца отображается в виде изображения на экране монитора и графиков распределения по толщине и плотности материала. Чувствительность цифрового детектора позволяет получить на одном изображении информацию по всему диапазону просвечиваемых толщин изделия и, применяя последующую настройку, исследовать интересующий участок. Важно отметить, что необходимо сохранить оригинал изображения, а подбор яркости и контрастности для улучшения визуализации производить отдельно (рис. 2). Это требуется для сохранения возможности переоценки результатов контроля в дальнейшем с применением другого набора фильтров обработки изображения.

Для стандартизации типа файла оригинального цифрового рентгеновского изображения при проведении неразрушающего контроля был разработан формат DICONDE. Стандарт ASTM E2339 также определяет формат DICONDE как универсальный для хранения и передачи данных. В нем описаны возможные атрибуты файла .dcm, содержащего оригинал рентгеновского снимка и необходимую информацию о параметрах контроля. Формат DICONDE разработан на основе хорошо зарекомендовавшей себя системы DICOM, которая используется в медицинском секторе.

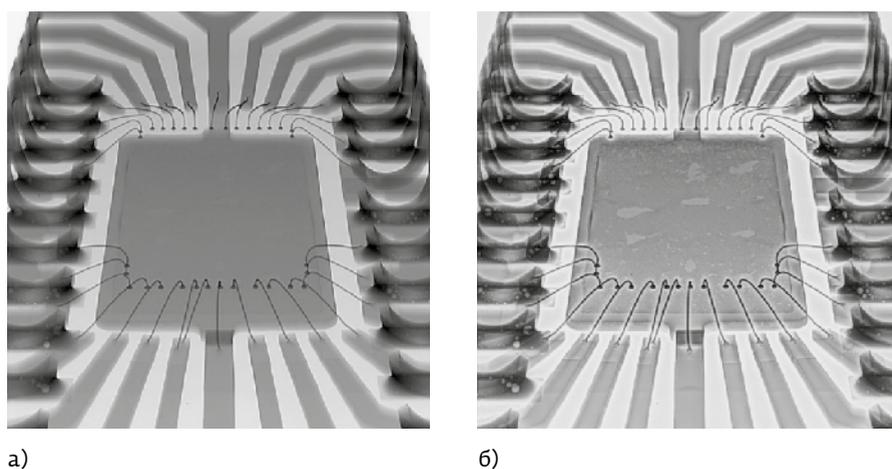
По сути, это система, позволяющая сохранять изображения вместе с контекстом, содержащим всю необходимую техническую информацию, а также данные о месте, дате, времени и авторе изображения. Данную информацию можно включать в любой генерируемый отчет, а ее нахождение в базе данных вместе с изображением означает, что к ней можно будет применять запросы по различным критериям.

Для просмотра и редактирования файла можно использовать как программное обеспечение установки рентгеновского контроля, так и стороннее программное обеспечение, в том числе бесплатное.

Физически хранение файлов может быть реализовано на жестких дисках рабочей станции установки, во внешней системе хранения данных или в общей системе архивации и хранения данных предприятия. Одним из примеров стандартов хранения цифровых файлов является ГОСТ Р 54989-2012/ISO/TR 18492. На его основе можно организовать надежное хранение цифровых рентгеновских снимков в формате DICONDE в течение долгого времени. А теперь поговорим о примере участка рентгеновского контроля, в котором учтены эти технологии и требования.

## ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА РЕНТГЕНОВСКОГО КОНТРОЛЯ

Рассмотрим возможности рентгеновского контроля на участках поверхностного и выводного монтажа на примере решения FLEX:Рентген. Это решение разработано специалистами Остека на основе многолетнего отраслевого опыта для производств электроники



**Рис. 2.** Рентгеновские изображения: а – необработанное изображение. Оно содержит в себе всю необходимую информацию и должно долговременно храниться в архиве; б – изображение с применением фильтра яркости и контрастности. Оно удобно для визуальной оценки и разбраковки, но не может использоваться для долговременного хранения

с ответственным подходом к качеству выпускаемой продукции.

Основные блоки в составе решения – это универсальная рентгеновская установка и индивидуальная методика работы с изделиями.

Конфигурация установки выверена и проработана для широкого спектра задач, в числе которых серийный контроль пайки, индивидуальный контроль после ремонта, входной контроль компонентов и томография сложных участков.

В свою очередь методика работы опирается на существующие отечественные и зарубежные стандарты и охватывает все необходимые этапы цифрового рентгеновского контроля. Она позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности сотрудников на рабочем месте, добиться максимальной объективности результата контроля и систематизировать хранение полученных данных с учетом приведенных стандартов.

При разработке решения наша команда глубоко проанализировала лучшие мировые практики и опыт отечественных предприятий. В результате были выявлены запросы и технологические особенности, которые приведены ниже.

### Повсеместное внедрение нового типа компонентов

Миниатюризация электроники ведет к увеличению функциональности и производительности отдельных элементов и микросхем. Последние все чаще стали выпускать в корпусах BGA и QFN. При этом, чем меньше физические габариты микросхемы, тем меньше отклонения, поры и плотные включения становятся критическими для стабильной работы изделия. Здесь требуется максимальная

точность контроля, ведь полный визуальный и оптический контроль пайки таких корпусов недоступен. В итоге изделие бракуется только на этапе тестирования.

Решение FLEX:Рентген позволяет в ручном и автоматическом режимах контролировать пайку под корпусами микросхем и разъемов и заполнение припоем переходных отверстий с максимальной точностью и минимальным фокусным пятном на алмазной мишени.

Программное обеспечение автоматически рассчитывает параметры обнаруженных потенциальных дефектов и выдает заключение о результатах проверки указанных зон. При этом, если в зоне контроля компоненты установлены с высокой плотностью с обеих сторон изделия, функция томографии поможет разделить области контроля по слоям и выполнить анализ только конкретного сечения.

### Защита производства от контрафактных компонентов

Контрафактные компоненты часто остаются незамеченными до конечной сборки печатного узла. Ремонт узла обойдется дорого и затянет сроки производства, потому что некачественное изделие будет отбраковано только при тестировании.

Организация входного контроля компонентов на основе решения FLEX:Рентген (рис. 3) позволит минимизировать влияние контрафакта на производственный процесс.

На этапе входного контроля можно убедиться в наличии кристалла внутри корпуса микросхемы, проверить качество соединений кристалла, выводов и теплопроводящих подложек и удостовериться в отсутствии обрывов в разварке. Входной контроль также может быть



Рис. 3. Участок рентгеновского контроля FLEX:Рентген

автоматизирован и проводится не на отдельных микросхемах, а для палеты целиком.

### Повышение надежности изделий

На этапе запуска конечного продукта в эксплуатацию ранние отказы печатного узла замедляют выход всего изделия на заданный уровень надежности. Вместе с этим растут требования к итоговому времени нормальной работы изделия.

Решение FLEX:Рентген в этом случае выступает как основной инструмент технолога для оперативной коррекции параметров производства и выхода на требуемую производительность.

Стандартизация проведения контроля вместе со сбором и анализом полученных результатов позволит выявить и устранить системный дефект на различных этапах, к примеру:

- заменить термопрофили пайки при частичном непропае в центре BGA-компонента;
- изменить толщину трафарета и размеры апертур при недостаточном или избыточном количестве пасты;
- проконтролировать качество заполнения припоем переходных отверстий при ручной и автоматической пайке штыревых компонентов;

- адаптировать площади клеевых соединений и термопаст под конкретное изделие.

В результате этой работы уменьшится количество ранних отказов, вызванных дефектами компонентов и дефектами пайки, ведь контроль затрагивает ключевые позиции изделия: BGA-микросхемы, переходные отверстия подключения сигнальных разъемов и разъемов питания и др. Таким образом, изделие быстрее выйдет на заданный уровень надежности, увеличится время его нормальной работы и уменьшится количество рекламаций.

FLEX:Рентген – это хорошо проработанное комплексное решение, важной частью которого является полная программа технической и сервисной поддержки, выходящая далеко за рамки простого обслуживания установки. Это помощь наших специалистов, включающая в себя двухэтапное обучение на изделиях заказчика, разработку методики контроля и организацию процесса хранения результатов.

Тема неразрушающего контроля довольно обширна и может быть проработана с учетом специфики предприятия. Специалисты компании «Остек-Умные технологии» помогут с организацией участка рентгеновского контроля на вашем производстве. ●



## ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Митцнер К., Доу Б., Акулин А., Супонин А., Мюллер Д.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ в OrCAD® CAPTURE и OrCAD® PCB EDITOR

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2022. – 592 с. ISBN 978-5-94836-649-4

**Цена 3700 руб.**

Второе издание книги представляет собой практическую инструкцию, позволяющую использовать пакет программ OrCAD в проектировании и производстве печатных плат. Главы книги охватывают вопросы проектирования печатных плат, а также возможности моделирования аналого-цифровых схем с помощью программы PSpice, разработку нестандартных компонентов схемы, моделирование линий передачи при проектировании и разводке схем и т.д.

Эта книга одинаково полезна как для начинающих, так и для опытных проектировщиков, поскольку она освещает базовые принципы и максимальные возможности программ для оптимального проектирования.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; тел.: +7 495 234-0110; факс: +7 495 956-3346; e-mail: knigi@technosfera.ru; sales@technosfera.ru