

ВИДЕТЬ НАСКВОЗЬ. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В БОРЬБЕ С КОНТРАФАКТОМ



БУРЦЕВ Алексей Викторович
Ведущий инженер-технолог,
ГК «Диполь», Москва



КРЕМЛЕВ Кирилл Владимирович
Руководитель направления
«Оборудование для производства
электроники», ГК «Диполь»,
Санкт-Петербург

Быстрые темпы роста электронной промышленности во всем мире приводят к активной цифровизации и оптимизации во всех областях деятельности. Но позитивные изменения сопровождаются и негативными процессами. Вслед за легальным рынком электроники увеличиваются скорости и совершенствуются в умениях производители контрафактных электронных компонентов. Эти вызовы требуют профессиональных ответных решений.

Введение

По данным Организации экономического сотрудничества и развития, в 2017 г. оборот в сфере поддельных комплектующих превысил 500 млрд дол. США [1]. В том же году Росстат оценивал рынок контрафактной продукции примерно в 3 трлн руб. [1].

Производителей фальсификатов не останавливают не только условные, но и реальные тюремные сроки. Например, несколько лет назад в США был вынесен приговор — 37 месяцев лишения свободы за поставку поддельных микросхем для атомных

подводных лодок [2]. При этом использование поддельных компонентов принесло производителям электроники убытки в размере 7,5 млрд дол. (по данным на конец 2021 г.) [2].

Наиболее часто контрафактные компоненты встречаются среди тех позиций, которые были сняты с производства или будут сняты в ближайшем времени. Аналитическая компания IHS Markit Ltd (ныне входит в состав корпорации S&P) в 2016 г. информировала [3], что доля таких компонентов среди всего контрафакта составляет до 69%. Это неудивительно: разработчики не успевают обновить конструкцию своих изделий вслед за быстро меняющейся элементной базой, и спрос на «старые» микросхемы сохраняется. Наиболее остро проблема стоит в таких «неповоротливых» сферах, как производство военной и космической техники. Этой проблемой всемирного масштаба и пользуются недобросовестные изготовители.

В данном контексте ни одно предприятие не может быть уверено в безопасности, лучшим решением проблемы является комплекс действий: сочетание предупредительных действий с организацией входного контроля поступающей элементной базы.

Методы входного контроля условно делятся на две группы: разрушающие и неразрушающие. Очевидно, что для сохранения работоспособности компонентов предпочтительнее использовать неразрушающий контроль. И если раньше основным инструментом контролеров было увеличительное стекло или микроскоп, то сейчас в их арсенал входит более совершенное и эффективное оборудование — например, рентгеновские установки.

В России также уделяют повышенное внимание борьбе с контрафактными электронными компонентами и, в частности, неразрушающим методам контроля. В 2017 г. в стране был введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 57880 2017 «Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Электронные изделия. Предотвращение получения, методы обнаружения, сокращение рисков применения и решения по использованию фальсифицированной и контрафактной продукции» [4], в котором радиологическое исследование

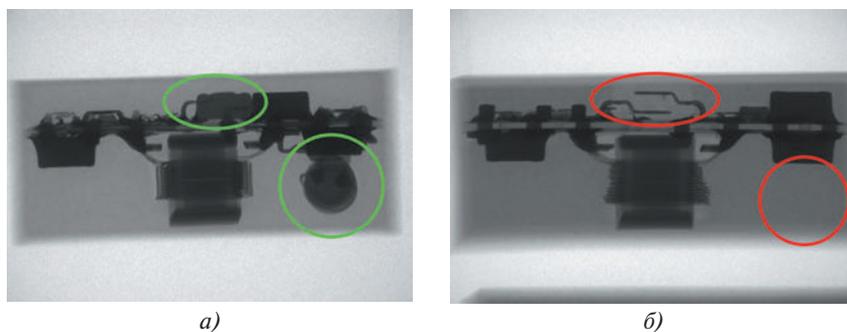


Рис. 1. Рентгеновский снимок DC/DC-преобразователя: а – эталон; б – контрафакт

(рентген-контроль) указано как рекомендуемое наряду с другими методами разрушающего и неразрушающего контроля.

Рентгеновскому анализу уделено внимание и в методических указаниях Всероссийского научно-исследовательского института радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР», ранее ФГУП «МНИИ-РИП») [5]. Этот институт приказом Минпромторга России с 2016 г. является головной организацией, выполняющей исследования в области электронной компонентной базы. Методика института прямо указывает на то, что рентген-контроль является более эффективным, чем визуальные или разрушающие методы контроля.

Еще один перспективный метод борьбы с подделками заключается в нанесении на микросхемы дополнительной, не видимой глазу маркировки, которая проявляется только под воздействием инфракрасного, ультрафиолетового или рентгеновского излучений.

Решения по борьбе с контрафактной продукцией входят в перечень мероприятий по развитию системы «Честный ЗНАК», внедряемой в России на государственном уровне [6].

Очевидно, что сфера применения рентгеновских установок на предприятиях радиоэлектронной промышленности не должна ограничиваться проверкой качества паяных соедине-

ний. Но, к сожалению, большинство руководителей не в полной мере используют возможности имеющегося оборудования, и рентгеновские установки приобретаются в основном для проверки монтажа микросхем в корпусе BGA и некоторых других типов компонентов. Эта статья посвящена применению рентгеновского излучения на этапе входного контроля электронных компонентов и печатных плат.

Входной контроль электронных компонентов

Существуют три основных способа выявления контрафактной продукции с помощью рентгеновской установки:

- сравнение с эталоном;
- сравнение с документацией на компонент;
- выявление очевидных дефектов, не требующих эталонного образца или проверки документации.

Сравнение с эталоном

В этом методе для выявления контрафактных компонентов используется эталонный образец – компонент, про который достоверно известно, что он является оригинальным и соответствует всем заявленным характеристикам. Если на предприятии нет возможности иметь дополнительные компоненты в качестве образцов (например, комплектация закупается без учета техно-

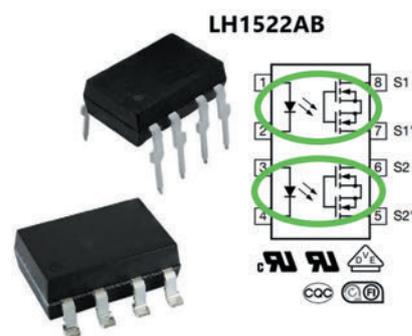


Рис. 2. Твердотельное оптическое реле LH1522AB

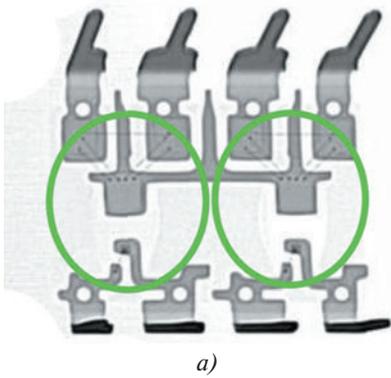
логического запаса), их может заменить библиотека рентгеновских снимков по эталонным позициям (рис. 1).

На приведенных рентгеновских снимках хорошо видно, что у контрафактного элемента (рис. 1, б) отсутствуют два крупных компонента. Это электролитические конденсаторы, предназначенные для сглаживания пульсаций напряжения. Будет ли функционировать контрафактный DC/DC-преобразователь? На первых порах – да. Будет ли он отличаться надежностью? Нет, как утверждают специалисты, в скором времени он неизбежно выйдет из строя.

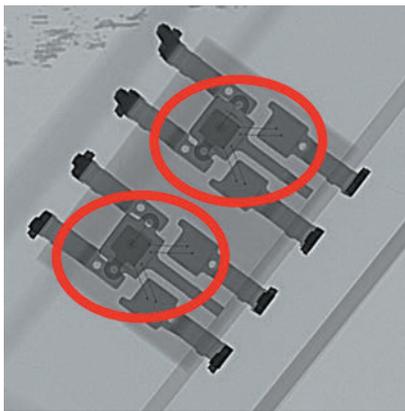
Сравнение с документацией на компонент

Метод основан на сравнении внутренней структуры электронного компонента с электрической схемой, которая обычно приводится в документации (технические условия, Datasheet). Визуальный контроль позволяет проверить только тип корпуса, состояние маркировки и другие внешние качественные признаки. С помощью рентгеновской установки можно заглянуть внутрь компонента.

Рассмотрим действие метода на примере обследования твердотельного оптического реле LH1522AB. Выдержка из документации на реле (рис. 2) сообщает: пара светодиодов распо-

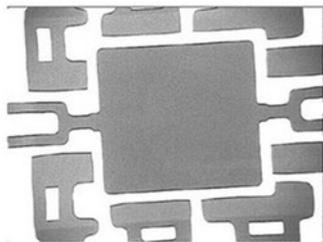


а)

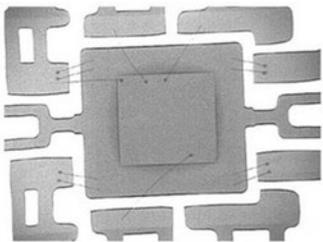


б)

Рис. 3. Сравнение снимков двух партий реле с электрической схемой из Datasheet: а – соответствие электрической схеме; б – наличие контрафактного компонента



а)



б)

Рис. 4. Отсутствие разварки кристалла (а) и компонент с наличием разварки (б)

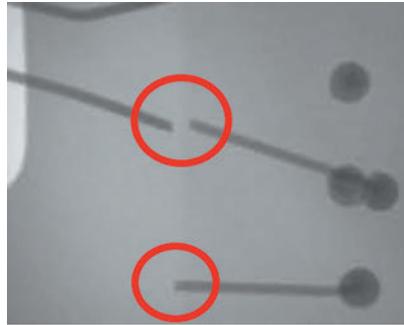


Рис. 5. Обрыв проводников

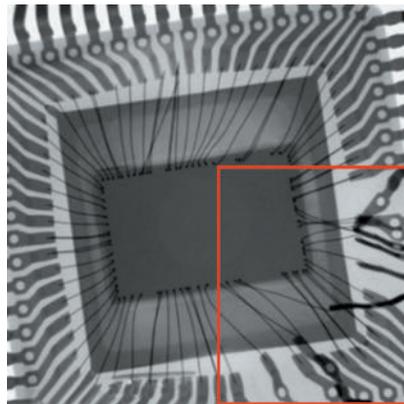


Рис. 6. Повреждение выводов

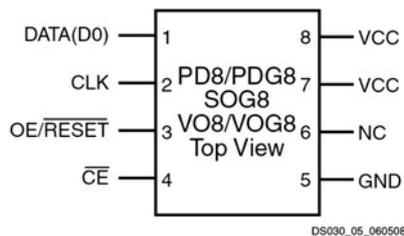


Рис. 7. Схема из Datasheet с назначением выводов микросхемы XC17S30XLPD8I

лагается между выводами 1-2 и 3-4, а соответствующие им фотоприемники – между выводами 7-8 и 5-6.

Теперь обратимся к рентгеновским снимкам.

На входной контроль поступили две партии реле. В отличие от предыдущего примера неизвестно, какая из партий является эталонной. Поэтому снимки сравниваются с электрической схемой из Datasheet.

Изучение снимков показывает, что разварка (электрическое соединение между кристаллом и

выводами компонента с помощью тонких металлических нитей) и расположение элементов внутренней структуры компонента на рис. 3, а соответствует электрической схеме, а изображение на рис. 3, б демонстрирует контрафактный компонент: хорошо заметна разварка между выводами, расположенными друг напротив друга, что прямо противоречит назначению оптического реле (обеспечение гальванической развязки).

Выявление очевидных дефектов, не требующих эталонного образца или проверки документации

На снимке хорошего качества данная категория несоответствий сразу же бросается в глаза. Такие дефекты, как отсутствие кристалла или его разварки, обрыв проводников, повреждение выводов и корпуса компонентов не требуют тщательного изучения технической документации. Конечно, общие знания в области электронных компонентов требуются и здесь, но сложно сомневаться, что опытный оператор рентгеновской установки пропустит подобные дефекты (рис. 4–6).

Описанные методы не гарантируют точного определения, является ли компонент контрафактным, но могут значительно улучшить работу сотрудников входного контроля. В подзрительных случаях рентгеновские снимки компонентов являются поводом для проведения дальнейших исследований.

Поясним это на примере микросхемы XC17S30XLPD8I. В Datasheet приведена следующая схема с назначением выводов (рис. 7).

На входном контроле было проведено обследование (рис. 8) партии микросхем в одной упаковке (паллете).

Полученный снимок не позволяет однозначно заявить, что

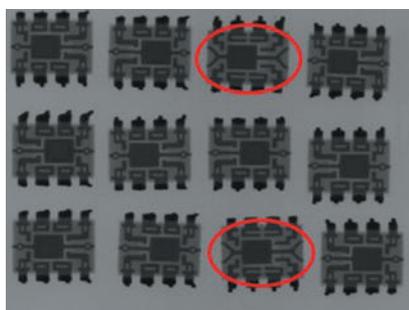


Рис. 8. Снимок партии микросхем в одной упаковке (паллете)

микросхемы контрафактные. Эталонный образец отсутствует, а схема из Datasheet слишком общая, чтобы с ее помощью вынести какой-либо вердикт. Однако следует обратить внимание на два момента:

- у выделенных микросхем металлизация внутри корпуса отличается от большинства соседних микросхем;
- микросхемы в упаковке уложены не в одном направлении, а развернуты относительно друг друга на 180° (это обнаружил и визуальный контроль).

Данные признаки дают основание для подозрений в контрафакте и проведения дополнительной проверки. У надежных производителей и поставщиков все компоненты в пределах одной партии абсолютно одинаковые и в упаковке ориентированы в одном направлении.

Входной контроль печатных плат

Завершая разговор о борьбе с контрафактом, немаловажно упомянуть о других значимых возможностях рентген-технологий.

Применение рентгеновских установок при входном контроле печатных плат является менее распространенным по причине того, что на «голой» плате не так много металла, как на плате с припаянными компонентами. Рентгеновские лучи слабо поглощаются тонкими медными дорожками, поэтому к данному способу контроля обращаются обычно уже после того, как на

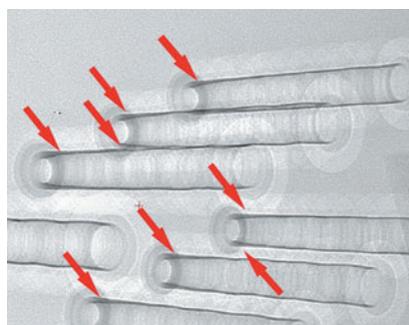


Рис. 9. Утолщение металлизации на отверстиях, предназначенных для запрессовки соединителей

этапе функционального контроля смонтированных плат выявляют дефекты.

Рассмотрим некоторые примеры. На снимке, представленном на рис. 9, заметно утолщение металлизации на отверстиях, предназначенных для запрессовки соединителей. На входном контроле печатных плат диаметр таких отверстий обычно не проверяют, хотя уменьшение диаметра негативно сказывается на операции запрессовки. Выводы соединителей попросту не смогут «прорезать» избыточный слой металла. Такие платы подлежат выбраковке и замене.

На снимках, показанных на рис. 10, хорошо видны потемнения внутри металлизированных отверстий. Сильное поглощение излучения свидетельствует о том, что эти потемнения не что иное, как металлические включения. Они появляются, например, при попадании посторонних частиц металла в отверстие или при разрыве паяльной маски во время нанесения покрытия на контактные площадки методом горячего лужения.

Согласно стандарту IPC-A-600, любое отсутствие маски там, где она должна быть по проекту платы, — это дефект. Но если разработчик посчитает, что попадание припоя в отверстия не повлияет на функционирование платы, он может принять ее в работу.

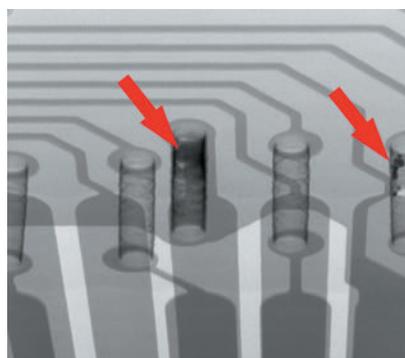


Рис. 10. Потемнения внутри металлизированных отверстий

Сложнее обнаружить обрывы проводников, особенно если они расположены во внутренних слоях печатной платы. Но если сделать это вовремя, можно значительно улучшить эффективность производства, ведь обычно проводники начинают рассматривать только после того, как обнаружится отсутствие сигнала после включения платы.

На снимке, представленном на рис. 11, приведен пример грубого обрыва проводника на наружном слое. Во внутренних слоях обрывы не так заметны. Зонай риска являются места соединений проводников с металлизированными переходными отверстиями.

Учет электронных компонентов

Наконец, еще одна сфера применения рентгеновского излучения при входном контроле

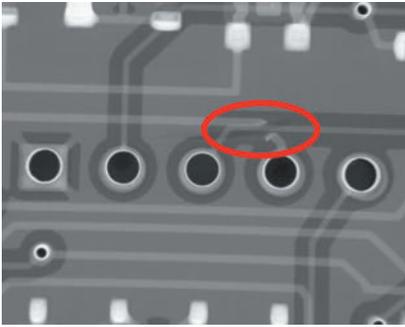


Рис. 11. Пример грубого обрыва проводника на наружном слое печатной платы

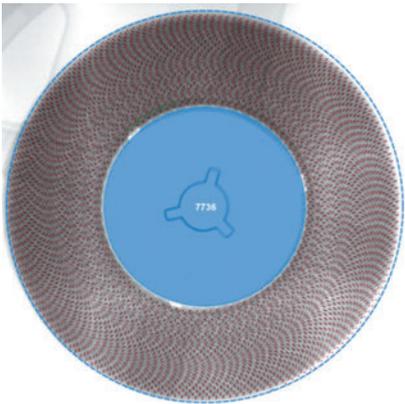


Рис. 12. Катушка в счетчике

электронных компонентов — это их пересчет. Особенно актуально это для катушек с мелкими чип-компонентами, количество которых в одной катушке может достигать до 10 тыс. шт. На одних предприятиях катушки пересчитывают вручную с помощью линейки, на других используют полуавтоматические счетчики, напоминающие старые бобинные магнитофоны. Рентгеновские счетчики позволяют сократить скорость пересчета в несколько раз, при этом лента не требует

перемотки с одной бобины на другую.

Многие рентген-установки имеют встроенную функцию подсчета компонентов, но лучшим решением будет отдельный рентгеновский счетчик. Пример того, как выглядит катушка в счетчике, приведен на рис. 12.

Время подсчета одной катушки составляет около 10 с, при этом в рабочей области счетчика одновременно можно разместить несколько катушек.

Заключение

Изготовители контрафактной продукции используют все более сложные способы обмана. Традиционный визуальный контроль и измерение базовых электрических параметров не всегда могут защитить от фальсифицированных и бракованных компонентов. Рентген-контроль на предприятии на этапе входного контроля позволяет значительно повысить вероятность обнаружения контрафакта до монтажа на плату (тем самым избежать последующего ремонта платы), а на этапе контроля смонтированных плат избавляет от поиска дефектного компонента путем классического перепаивания на заведомо годный.

Вместе с этим приходится признать, что далеко не всегда, имея в распоряжении установку рентгеновского контроля, специалисты предприятия знают все ее возможности и пользуются ими в полной мере, ограничиваясь только отдельными прикладными задачами.

Библиографический список

1. Материалы VI Международного форума «Антиконтрафакт — 2018». Итоговые документы. Москва, 19–21 ноября 2018 г. М., 2018. С. 155.
2. **Detecting Counterfeit ICs** / Alan Lowne, CEO of Saelig Co. Inc. URL: <https://www.electronicdesign.com/home/contact/21185933/alan-lowne>
3. **Tehraniipour M. M., Guin U., Forte D.** Counterfeit Integrated Circuits: Threats, Detection, and Avoidance. Springer, 2015.
4. **ГОСТ Р 57880–2017.** Система защиты от фальсификации и контрафакта. Изделия электронные. Предотвращение получения, методы обнаружения, сокращение рисков применения и решения по использованию фальсифицированной контрафактной продукции. М.: Стандартинформ, 2017. 46 с.
5. **Типовая методика** испытаний на определение признаков контрафакта и порядок их проведения: Круглый стол в Мытищинском научно-исследовательском институте радиоизмерительных приборов (МНИИ-РИП) 29 авг. 2009 г. / А.П. Серадинов, ФГУП «МНИИ-РИП». Мытищи, 2009.
6. **Книга О. П., Макарова А.Л.** Системы прослеживания и методы маркировки электронных компонентов в России // Электроника: наука, технология, бизнес. 2022. Т. 220, № 9. С. 134–146. URL: https://www.electronics.ru/files/article_pdf/9/article_9622_882.pdf



Полная копия
печатной версии журнала
«Территория NDT»
на мобильном устройстве

