実装基板における外観検査の動向

豊島 保典*

Trends of Optical Inspection for PWBA

Yasunori TOYOSHIMA*

*名古屋電機工業株式会社技術開発室（〒490-1294 愛知県あま市篠田面徳 29-1）

*Engineering & Development Department, Nagoya Electric Works Co., Ltd. (Mentoku 29-1, Shinoda, Ama-shi, Aichi 490-1294)

1. はじめに

プリント配線板の表面実装は、部品の微小化やファインピッチ化、高多層化など、実装の高密度化が著しい。これら基板実装技術の高度化に伴い、実装基板の検査技術も飛躍的な進歩を遂げ、普及している。

特に外観検査では、これまで一般的に行われてきた、カメラと照明を組み合わせた画像処理に加えて、実装基板上の高さ情報を計測する手法¹⁾や、X線を用いた手法²⁾など、検査手法も多様化している。

一方で、実装基板においても、使用される製品カテゴリにより、求められる信頼性や、検査コストに対する要求が異なる。

本稿では、実装基板の生産数量と、求められる品質（信頼性）に着目し、最近の実装基板に対する外観検査の動向について述べる。

2. 製品のゾーン分けと検査の位置付け

図1は、生産数量と品質の関わりを示したものである。横軸は生産数量を、縦軸は要求される品質を示している。

品質軸の定量的表現は難しいので、高度な信頼性が必要

図1. 生産数量と品質との関係

とされるものと、比較的高い品質を要求されないものとに分けた。

2.1 Aゾーン（ボリューム大、品質レベル中）

このゾーンには、生産数量が多いが、高度な信頼性は必要とされない製品群が含まれる。

携帯電話、パソコンなどの民生用の電子機器などがこのゾーンの代表的な製品群である。これらの製品の製造工程では、検査コストが製品の競争力に大きく影響するため、あまり厳密な検査を行わず、最低限の検査により、品質保証が行われている場合が多い。

2.2 Bゾーン（ボリューム大、品質レベル高）

このゾーンには、生産数量が多く、かつ高い品質が求められる製品群が含まれる。

自動車関連の製品などがこのゾーンの代表的な製品群である。これらの製品は、温度、湿度など使用環境の大きな変化に対応できる必要があるため、高度な信頼性が要求されている。また、生産数量も多く、高速な検査技術も要求されている。

2.3 Cゾーン（ボリューム小、品質レベル高）

このゾーンには、生産数量は少ないが、高品質を求められるような高価な製品が含まれる。

不具合が起きると被害が甚大になるインフラ系の設備、あるいは、データセンタの中核に使われる高機能計算機、ストレージシステムなどが代表的な製品である。これらの製品では、検査に費用をかけても高品質な製品を作ることが要求されている。

3. 各ゾーンでの、外観検査の取組み

3.1 Aゾーンにおける外観検査

このゾーンの製品では、大量のプリント配線板および実装基板を高速に検査することが求められている。

検査装置の解析機能を利用して、工程改善を行い、できるだけ検査工程を省略する試みも多く見られることがこのゾーンの特徴になっている。

3.1.1 プリント配線板のパターン検査

最近のプリント配線板では、パターン幅が $10\mu\text{m}\sim 6\mu\text{m}$ ライン/スペースに縮小している。

不具合の検査手法としては、基準パターンを設計データから生成して比較する手法が主に採用されているが、一部では比較基準パターンを持たない手法もある。

3.1.2 印刷はんだペーストの形状検査

印刷はんだペーストの検査は、三次元計測を行う手法が最も一般的になっており、最近では格子縞パターンを投影して縞パターンの変形から三次元形状を計測する手法が多くなっている。

計測の死角を低減するために、複数方向からの格子縞パターンを投影する装置もある。

3.1.3 はんだバンプの検査

Aゾーンでは、高密度化・高機能化のためにBGAやCSPが使用されることが多くなり、はんだバンプ検査のニーズが高まっている。

はんだバンプ検査では、直接的にはんだバンプの高さを計測する必要があり、印刷はんだペーストの形状検査と同様な三次元計測手法が用いられている。

3.1.4 実装基板の検査

実装基板の検査では、実装部品の検査と、はんだフィレット形状の検査がある。

両検査共に、多段照明によるカラー画像から検査する手法が主に採用されているが、近年では部品の高さを計測して三次元形状計測する手法も増えてきている。

検査を行うための比較データは、実物から取得される計測値を基に作成する方法と、マウンタデータから自動生成する方法が採用されている。

3.2 Bゾーンにおける外観検査

このゾーンに含まれる主な製品である、車載用基板の使用環境は、

- ・車両走行中の激しい震動
- ・エンジンルーム内の高温から寒冷地の極低温

であり、要求される品質レベルは、他のゾーンの製品に比べて非常に高い。

また、不具合発生時には重大事故につながる危険性も大きい。

このため、このゾーンに使用される実装基板の生産工程では、工程改善による品質安定化にとどまらず、全数検査の客先要求に応えるため、より高速・高精度な検査が求められる。

3.2.1 実装基板の外観検査

車載基板の生産工程では、その信頼性確保のため、ほぼすべての実装基板について、部品の有無や取付け方向、はんだフィレット形状などを外観で検査している。

部品の検査については、カメラ画像を用いた画像処理による検査が、今でも最も多く採用されている。

はんだフィレット形状検査については、多段照明によるカメラ画像を用いた画像処理による検査（図2）が行われているが、より高精度な検査が可能なスポットレーザー光をスキャンする手法（図3）も多く採用されている。

3.2.2 X線検査

Bゾーンに含まれる車載用の実装基板でも、高密度化が進んでおり、BGA/CSPの使用が急速に普及し始めている。

これらの実装方法では、はんだ接合部を直接観察することができないため、外観検査を行うことができない。このことからX線による検査のニーズが非常に高まっている。

はんだの未接合やショートを検出はもちろんのこと、はんだ接合の信頼性につながる、はんだ接合部のボイド検査の必要性が指摘されている。

X線検査装置が登場したころは、単純なX線透視画像による二次元検査が主流だった。図4は、X線透視画像によるはんだ接合部内のボイド検出画像の例である。

しかしながら、単純なX線透視画像では、両面実装基板の裏面部品の影響や、部品内蔵基板の出現などにより、部分的に検査ができない場合があり、現在ではX線CT手法による三次元検査に注目が集まっている。図5は、X線CT画像による、はんだ接合部の未接合検出画像の例である。

このように、X線による検査の必要性については十分に認知されている。しかし、検査性能・検査スピード・装置コストなどの点で、プリント配線板実装メーカーが求めている性能をすべて満足するX線検査装置は、まだ現れていない。このため、いずれかの項目を犠牲にして品質を確保しているのが実情である。

図2. 多段照明を用いる手法

図3. スポットレーザー光を用いる手法

図4. X線透視画像（矢印はボイド）

図5. X線CT画像（矢印は未接合）

X線検査装置メーカーでは、マイクロフォーカスやナノフォーカスと呼ばれる発生源サイズが微少なX線源を使用して画像の鮮明度を上げる工夫や、新たな高速三次元画像解析手法などの新技術開発などを行っているが、より高速化と低コスト化を進める技術的なブレークスルーが期待されている。

3.3 Cゾーンにおける外観検査

このゾーンに含まれる製品は、付加価値が高いものが多く、高い品質レベルが求められている。

このため、このゾーンの製品群では、外観検査装置で検出した不具合に対して、人による再チェックを行い、実際の不具合箇所を修正して製品を完成させるケースも多く見受けられる。

したがって、外観検査装置には、Bゾーンの製品と同じ要求に加えて、検出した不具合箇所を作業者にわかりやすく指示する機能が重要になる。

3.3.1 目視確認支援システム

多くの外観検査装置には、目視確認支援システムが用意されている。

検査装置からの検査結果を管理し、その中に含まれている画像から、最終目視チェックする機能や、製品の品質トレーサビリティを管理する機能などを備えているものがほ

図6. CADによる内層パターン図

図7. 内層パターンのX線CT画像

とんどである。

これらの中には、実際の基板をセットし、検査装置が検出した不具合箇所データに基づいてカメラ位置に移動し、拡大画像や斜視画像によって、作業者の目視チェックを支援する装置も多く見られる。

3.3.2 複数の装置連携による解析例

特定のゾーンの製品に限ったことではないが、複数の検査装置が連携することで、スムーズな不具合検証と対策が可能になる場合がある。

以下の例は、プリント配線板設計における不具合解析の実例である。

この例は、実装後に行ったインサーキットテストで、ショート不具合が検出された。CADデータ、ネットリスト（接続情報）や、作画パターンデータ上に不具合は見つけられなかった（図6）。

そこで、まずインサーキットテストの不具合情報から、ショートが疑われる内層パターンの領域を推定し、続いてこの領域をX線CT装置で観察した結果、図7のように、CADデータにはない接続（ショート）が確認することができた。

このように、ファンクション検査の結果と、CADデータとを連携させることで、不具合が疑われる部分を推定することができ、X線CT検査装置による効率的な不具合検証が可能になる。

4. まとめ

実装基板における外観検査については、対象となる製品により、求められる機能や品質レベルが異なる。このような多様なニーズを、1台の検査装置で実現することは、性能面やコスト面で、かなり難しい状況になっている。

最近では、高価な多機能の検査装置よりも、優先される要求項目に対して、最適な検査手法を持つ単機能の検査装置を選択し、さらに組合せることで、製品に必要な検査品質を確保するという考え方が、見られるようになってきた。このような構成の検査装置の方が、扱いやすく、低コストになる場合が少なくない。

外観検査装置には、これまで1台ですべて対応できる高機能検査装置が求められてきた。しかしこれからは、単機能でも特徴あるシンプルな検査機能を低価格で提供する検査装置が提供されることを期待したい。

これらの単機能検査装置を組合せて、製品に合った実装基板の品質を確保するための選択肢が広がるような検査工

程を構築することが、多様なニーズに応える方法の1つになると確信する。

(2013.9.5- 受理)

文 献

- 1) 松村康行：“進化する外観検査技術,” エレクトロニクス実装技術, Vol. **29**, No. 2, pp. 12–15, 2013
- 2) 豊島保典：“高密度実装基板外観検査の動向,” エレクトロニクス実装学会誌, Vol. **14**, No. 2, pp. 90–93, 2011

著者紹介

豊島保典（とよしま やすのり）
1983年 名古屋電機工業株式会社 入社。
実装基板の外観検査装置開発に従事。
現在、技術開発室 室長。