実装基板における電気検査の動向

大久保 今朝秀*

Trends of Electric Inspection for PWBA

Kesahide OHKUBO*

* 日本フェンオール株式会社 PWBA 第二営業部 (〒192-0001 東京都八王子市戸吹町 232)

* FENWAL CONTROLS OF JAPAN, Ltd. PWBA SALES DEPT (232, Tobukicho, Hachioji-shi, Tokyo 192-0001)

1. はじめに

近年、スマートホンを代表とする電子機器の小型化と多機能化に伴い、半導体やプリント配線板の高集積化・高密度化がますます加速している。

また一方では、製品の信頼性をより向上させるため、開発から製造までの各現場では製品の製造や検査にさまざまな工夫や改善を取り入れ顧客のニーズに対応しているのが現状である。

特に実装基板の電気検査では多くの場合、プローブピンやコネクタなどで実際の基板にコンタクト（接触）をする必要があるが上述のような背景で「見えない・触れない」テスト対象を取り扱う頻度が増している。

本稿では、実装基板の生産数量と信頼度要求レベルの違いから求められる、最近の実装基板の電気検査の動向について一部の事例を紹介しながら述べる。

2. 実装基板の品質保証

2.1 まえがき

電子機器の製品出荷時には、機器・システムの価格・用途・信頼性要求レベルに関わらずどの製品でも完成品としての動作試験（システム検査）が行われる。

これらの製品に組み込まれる実装基板は、製品完成後のシステム検査の前に、実装基板の状態でも外観検査や電気検査を行い品質保証している。

実装基板の電気検査は主に、①部品の故障や部品実装上の不具合（接続部のオープン・ショート、部品搭載の誤り）の検査と、②実装基板の持つべき機能検査とに分かれる。前者の検査を担うのがインサーキットテスト（以下 ICT）およびバウンダリスキャンテストであり、後者の検査はファンクションテスト（以下 FCT）と呼ばれる。通常 ICT で実装基板の構造上の不良の有無を検出してから FCT を行うのが良いとされ、ICT と FCT を兼ねたテストも市販されている。

しかし ICT・FCT のいずれも今日、テストの有効性が大きく低下してきている。こうした状況から装置メーカーでは装置の要素である実装基板に対して、設計工程からの品質の作り込みに取り組む動きが多い。

図 1 にそれらの取り組みの概要を示す。具体的には、装置のシステム設計の段階から、その製品に対する製造現場での製品作りのノウハウや検査手法をレビューし、設計段階から考慮すべき事項を確認する。同時に設計者は、製造方法や検査方法に対する理解を深め、以降の設計段階でも新たな課題に気づいた場合、直ちに対処できるような体制

図 1. 上流設計工程での製造・検査品質の作り込み

を作っておく必要がある³⁾。

2.2 試験方式の説明

2.2.1 ICT

ICTでは回路のノードにテストプローブを当てて部品単位、ネット単位でテストするのが基本であるが、昨今、BGAなどのプロービング出来ない部品が増えてきたため、ICTのテストカバレッジが大きく低下してきている。

インサーキットテストには、テスト用の信号を基板に与えたり観測したりするためのプローブピンをテスト治具に固定してテストをするテスト治具方式と、数本のプローブピンを移動させてテストをする、フライングプローブ方式がある²⁾。

図2は、テストジグ方式のインサーキットテストである。検査するポイントに固定式のプローブが設けられている。検査ポイントの切り替えはリレーまたは半導体スイッチを用いて電気的に行われるため、高速にテストができるという利点がある。しかし、テストジグを作成する期間がかかる、テストジグ費が高い、テストジグ保管およびメンテナンスオーバーヘッドが大きいなどの欠点がある。

図3は、フライングプローブ方式インサーキットテストである。検査プログラムにより基板上の任意の場所にプ

図2. テスト治具式のインサーキットテスト

図3. フライングプローブ方式のインサーキットテスト

ローブが移動する構造となっている。このテストは、テストジグが不要のため、低コストでテストできる利点があるが、数本のプローブではんだ付け部分の電気的なテストを行うため、テストの時間が長くなり、スループットが低下するという問題がある。このため、部品点数の少ない小規模な基板や製造枚数の少ない基板に対して適用すると、テストジグ方式に比較してコストパフォーマンスが良くなる²⁾。

2.2.2 バウンダリスキャンテスト¹⁾

バウンダリスキャン (Boundary Scan: 以下BS) テストとはLSIのピンと内部論理との境界部 (バウンダリ) にテスト用の回路を組み込み、内部論理と切り離してテスト用に動作 (スキャン) させることで、プリント配線板上に搭載されている部品のはんだ付けが電気的に正しく行われていることをテストする方法である。この方法はさらにLSI内部論理の正当性までも確認できる利点がある。

図4に、BS回路を持つLSIの構成を示す。BS回路の基本的な構成は、BS回路の動作を制御するTAP (Test Access Port) と、LSIの入出力信号を記録するBSセルとで構成されている。BS回路は、外部からの信号 (TMS: Test Mode Select) によって、通常動作モードとテストモードのどちらかに切り替えることができる。BS回路が通常動作モードであれば、外部からの入力信号は、LSIの内部論理にそのまま伝播し通常のLSI動作が行われる。しかし、BS回路をテストモードにすると、BSセルとLSI内部論理とを接続する回路が切断され、BSセル同士を“一筆書き”でつなぐシフト回路が動作するようになる。“一筆書き回路”を使うと、BSセルが記録した内容をTDO (Test Data Output) から順次読み出したり、TDI (Test Data Input) からBSセルに任意の内容を書き込んだりすることができるようになる。この結果、LSI外部から与えた信号が、LSI内部論理の直前でどのような信号になっているか、あるいは、LSI内部論理が出

図4. バウンダリテストの構成

力した信号が、外部にどのように出力されるかがわかるようになる。

複数の LSI が搭載されている場合も一つの場合と同様の方式を用いることでテストできる。バウンダリスキャンを実行するためのテスト上のソフトウェアには、通常これらのテスト信号の生成機能や不良解析のためのツールが準備されているためテストエンジニアがこれらを準備する必要はない。

2.2.3 FCT

FCT では、かつては実装基板の入力端子からテスト信号（テストパターン）を入力し、出力端子から出る信号のパターンが所定通りかどうかを調べる手法が用いられていたが、LSI、アナログ部品、メモリなどが搭載されている今日の実装基板ではこのようなテスト手法はほとんど適用できない。

そこで現在、実装基板のインターコネクションテストは、テストしたいがプロービング出来ないノードには配線パターンの途中もしくは配線を延長してテストパッドを設けるなどして、不完全ながらも FCT テストを行っている。将来的には、ほとんど全てのノードにアクセスできるバウンダリスキャンテスト回路を実装基板に組み込む方向に向かうと予想される。

3. 製品ゾーンによる取組みの違い

製品の製造工程に検査装置（工程）をどのように取り込むかは、その製品の製造数と製品に要求される信頼度（品質）によって異なる。ここでは下記の 3 ゾーンに分けて、実装基板の信頼性を高めるための電気検査での取組みの違いを説明する。

A ゾーン：（生産量が大、信頼性が中）の代表的な製品として、携帯電話やパソコンなどの民生機器が挙げられる。大量生産に対して最低限の検査で品質保証し、高い歩留まりを維持するためには、各検査装置の連携が不可欠である。また最新の実装技術が要求される半導体やコネクタが使用される機会も多く、ファインピッチへの対応も必要と

なる。

B ゾーン：生産量が多く、かつ高い信頼度レベルが求められる製品群である。代表的な製品として、自動車が挙げられる。高度な検査技術が求められるのと同時に、大量に生産されるため高速な検査技術も求められる。また長期信頼性を求められるので製造時の品質だけでなく、経年劣化に伴う実装不良に対しても考慮しておく必要がある。

C ゾーン：生産量は少ないが高信頼度を要求される製品であり結果として高価な製品となる。

代表的な製品として、インフラストラクチャー系の設備やデータセンタの中核に使われるコンピュータが挙げられる。長期信頼性を求められるので製造時の品質だけでなく、検査に費用をかけても信頼度の高い製品を生み出すことが求められる²⁾。

4. 各ゾーンでの電気検査の取り組み

4.1 A ゾーンにおける電気検査

このゾーンでは大量の実装基板を高速に検査することが求められている。

実装基板の電気検査では、前述のようにインサーキットテストとファンクションテストが併用される場合が多いが、このゾーンの製品製造工程では、あまりにも厳密な検査を行うと、製造時の検査コストおよび過剰検査による損失が増大し、製品の競争力が損なわれかねない恐れがある。

このため、このゾーンの製品では検査時間の短縮および検査装置にかかるコスト削減のため、外観検査装置や X 線検査装置と連携させて、電気検査で確認する項目を絞り込みコスト削減・時間短縮を図っている。またこのような対応により、検査工程の総合的な歩留まりの向上やテストカバレッジの向上にも繋がっている。

このゾーンの検査では、インサーキットテストとファンクションテストを 1 台の検査装置に融合させて検査装置を製作するという対応が多い。こうすることで検査時間のさらなる短縮が可能となり、検査にかかるコストを抑制することができるようになった。

またこのゾーンの製品は他のゾーンよりもより実装密度が高かったり、部品の狭ピッチ化が進んでいるためコンタクトプローブの接触方法についてもさまざまな改善や工夫が見られる。

図 6 は、実際のファンクションテストに使用している狭ピッチコネクタへのコンタクトの事例である。

最小ピッチは、0.3 mm までコンタクトが可能で、各コネクタの接触端子に直接コンタクトプローブを接触させているのが特徴である。

なお、昨今、部品や基板の小型化が進みスペースの限られた接触箇所へのピンコンタクトは、技術的な限界を迎えつつある。

図 5. 生産数と信頼性によるゾーン分類

Board to Board コネクタ

治具断面写真

図 6. 狭ピッチコンタクトの例

4.2 B ゾーンにおける電気検査

生産量が多く、かつ高い信頼レベルが求められる車載機器関連を中心とする製品がこのゾーンの対象製品である。

車載機器としては、不具合によって重大な事故に繋がるエンジン制御やブレーキ制御などの基板から、カーナビやイモビライザなどの基板まで多岐にわたる実装基板が使用されている。

このゾーンの基板は、その使用環境から・激しい振動・高温下での使用・広範囲な周囲温度環境という使用条件が必須となり、要求される品質レベルは他のゾーンの実装基板に比べてかなり高いといえる。

このため、車載機器で使用されている実装基板に関して、ほぼ全数の実装基板に対して外観検査・インサーキット検査およびファンクション検査が行われている。

具体的な特徴としてこのゾーンの検査では、コネクタピンへの直接のピンコンタクトが挙げられる。

図 7 は、実際に使用しているフィクスチャの例である。

実際のコネクタを使用したコネクタの挿抜テスト、ゲージを利用した組込み高さの確認などが電気検査に組み込まれ、コネクタ逆実装防止、ピン数違い防止、部品浮き防止を行っている。

また、耐電流の大きいプローブを使用して、リークテストを行う場合がある。図 8 はリークテストに使用する大電流プローブの使用例である。

さらに、このゾーンでは実装基板の検査や評価を恒温槽内（-50° から +120°）で行う場合がある為、そのフィクスチャの材料には、結露による錆が発生し難い部材、耐熱性のある部材の選定を行う必要がある。

こうした方法を採用し、B ゾーンでは実装基板の品質保証に取り組んでいる。

4.3 C ゾーンにおける電気検査

高品質で生産量が少ない製品は、医療システムや通信システムなどの社会インフラシステムに関連するものが多い。これらは、人命や経済活動などと密接に関係していることから高い品質が要求される。特に近年では高齢化が進む中、これらの社会インフラシステムに対する信頼性要求はさらに高くなりつつある。

図 7. 上下からのコネクタへのピンコンタクトの例

大電流向けプローブの使用

図 8. 大電流プローブ使用例

図 9. 計測器を接続する FCT

このような社会情勢のもと装置メーカーでは、高品質の製品を短期間、低価格で顧客に供給することが強く要求されている。製品の性質としては高付加価値なものが多く、万一不良品を摘出した場合には徹底した原因究明と対策が必須である。

このゾーンの実装基板の検査においては、厳しい品質レベルを要求されていることから、製品によっては検査というよりも測定するという形態になる検査項目がある。その場合は、図 9 のように実際に校正された測定器を FCT に接続して、測定値を確認するという方法がとられる場合がある。

さらには、そうして測定したデータをログとして保管し、トレーサビリティの管理を行うことが多い。

またこのような形態の FCT はその構成から、非常に高価な装置になるため、製品開発ごとに新たな FCT を製作することはせず、あらかじめ後継機種での設備流用を考慮した開発を行う場合が多い。

この領域の基板でも回路技術もその進化の度合いを増しており、PWBA（Printed Wiring Board Assembly：実装板）の高速・高密度・小型化が加速度的に進んでいる。近年では部品内蔵基板も実用化が進み検査の難度はますます高くなっている。

5. まとめ

実装基板の検査は、生産工程内の外観検査・X線検査、検査工程での ICT・FCT・BS テストなどさまざまなテスト方法があるが、対象となる製品により求められる品質レベルが異なる為、ニーズに合わせた経済的な検査が求められる。

上流工程や設計段階でシミュレーションにより、テスト手法の組み合わせ、テストカバレッジ、コスト、メンテナンス性などを検討し、最適な検査環境を構築することが重要になってくる。

しかし、実際の製造現場ではどのような検査が自分たちの製品には最適な検査なのか、必要以上の過剰品質にはなっていないか、と言うことに対して自問自答を繰り返しているのも事実である。

今後「見えない・触れない」製品の増加が予想されるなかで、設計部門と連携した DFT や各種試験を組み合わせた総合的な品質保証技術が不可欠となる。

(2013.9.5- 受理)

文 献

- 1) ケン・パーカー：“バウンダリスキャンハンドブック 第3版,” 亀山修一監訳, 青山社, 2012.6
- 2) “2013 年度版日本実装技術ロードマップ,” 電子情報技術産業協会, pp. 338-405, 2013
- 3) 内山浩志：“「検査の経済的尺度構築」に向けて,” エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 103-108, 2011

著者紹介

大久保今朝秀（おおくぼ けさひで）
勤務先：日本フェンオール株式会社
八王子事業所
PWBA 第二営業部

日本フェンオール（株）において、プリント配線板の実装および検査に約 15 年間従事
その経験を生かし 2008 年からは中国に赴任し、
EMS 先の QCD 全般の管理コントロール・調整に
携わってきた。
2013 年に帰任し現在はプリント基板実装の営業技術として活動している。