小特集／電子部品の表面実装

表面実装上の不具合と解析の実例

野末 正仁*, 堀井 宏祐*, 渡辺 泰暁*

Examples of Troubles on Surface Mount Technology and its Analysis

Masahito NOZUE*, Hiroyuki HORII* and Yasuaki WATANABE*

Key Words : Surface Mount Technology, Dewetting, Wicking, Solder Ball, Nitrogen Reflow, Automatic Optical Inspector

近年の表面実装は高密度・ファインピッチ化が進み、表面状態の微小な不具合がその接続性に大きく影響するようになった。これら不具合を部品・材料・工法等の要因毎に取り上げ、その現象と解析した事例について述べる。

1. はじめに

表面実装技術は、そのはんだ付け工法からフロー及びリフロー実装に分けられる。近年においては高密度化・ファインピッチ化が急速に進み、特にリフロー実装においては、より高度な技術レベルが要求され、その品質確保が重要となっている。本稿では、リフローはんだ付けに関する不具合を取り上げ、その解析と対策について幾つかの事例をもとに述べる。

2. リフロー実装上の不具合要因

一般的なプリント基板工程フローと実装形態を図1に示す。その中でもリフロー実装各工程に要求される事項としては、

- ① 接続に必要な適正はんだ量の供給
 - ② 部品・材料の確実な接触（搭載）
 - ③ 接合部への化学的作用（酸化物除去）
 - ④ 接合各部の適正加熱
- などがある。一方、はんだ付け不良としては、
- ① オープン（基板パッド・部品の間に発生）
 - ② ショート（隣接電極の間に発生）

図1 プリント基板工程フローと実装形態

③ はんだボール（接合エリア外に発生）に分類される。これら要求事項を阻害し、不良を発生させる要因は、部品・材料・工法など多岐にわたるが、それらを図2の特性要因図にまとめ、個々に不具合事例を述べていく。

3. 不具合の実例

3. 1 はんだオープン不良

* 沖電気工業(株) (〒367 埼玉県本庄市小島南4-1-1)
Electric Industry Co., Ltd. (1-1, Kojima-minami 1-chome,
Honjo-shi, Saitama 367)

図2 表面実装上の不具合、特性要因図

高密度、ファインピッチ化に伴い表面実装におけるはんだオープン不良の検出は、外観検査で捕らえることは困難であり、疑似接触により電気試験をパスする危険を含んでいる。

特にオープン不良は、ランダムに発生したり群発生するケースがある。これらの発生要因は、

- ① 部材の表面処理
- ② 部材の寸法
- ③ 組立工法

などと多岐に及んでいる。

3. 1. 1 QFPの事例

① 部材表面処理の問題

特定メーカ、特定ロットのQFPにおいてはんだオープンが群発した。この現象は、QFPリードにはんだが濡れないというものである。

分析の結果、リード表面に多量のO、C元素が検出された。これにより、不活性皮膜が生成され不濡れを起こしたものである。

このケースは、メーカの表面処理工程に問題があったものだが、実装前の保管条件にも起因していたと考えられる。

② 部材寸法の問題

特定メーカのQFPにおいてはんだオープン不良が慢性的に発生していた。

現象としては、基板パッドとリードの隙間が大きいポイントがあり、この部分ではんだ不足が発生したというものである。

(端子数)

図3 QFPリード平坦度とオープン不良率

この原因は、他メーカと比較してQFPリードの平坦度バラツキが大きく、基板パッドとリードの間に供給はんだ以上の隙間が発生したことである。

図3に示す如くQFPリード平坦度とはんだオープン不良の関係は相関があり、平坦度の限界値を越えると、はんだオープン不良が発生することが確認された。現在の半導体メーカの実力ではこの限界を越えるものがあるのも事実である。

但し、これはクリームはんだ印刷品質など実装工程によっても左右されるため、実装メーカの技術レベルにより結果は異なる。

これと同じ不良現象において、リード平坦度以

外の原因による事例として、QFPモールド部変形が確認されている。

QFPのモールドボディに反りがあるロットにおいて、基板とボディの下部が接触し、はんだ付けパッドとQFP端子間にギャップが発生し、はんだオープン不良が発生するケースである。

③ 工法上の問題

もう一つのQFPのはんだオープン不良が群発生した事例では、基板パッド上への供給はんだ量が少なく、特定場所にオープン不良が集中的に発生したケースである。

QFPのメタルマスクは、開口部の長手が縦方向と横方向とからなるが、クリームはんだの印刷方向により基板パッドに印刷されるはんだ量が各々で異なり、はんだ供給量が少なくなる方向においては前述のQFP寸法バラツキとあいまってはんだ付け不良が発生する。

3. 1. 2 基板の事例

① 部材表面処理の問題

特定ロットの基板にてはんだオープン不良が群発生した。この不良は、基板のはんだ付けパッド

がはんだに濡れないために発生したケースである。

基板は、SC処理（溶融はんだに基板を浸せき後熱風吹き付けレベリング処理）基板である。

この現象を解析するために、パッド表面をEPMAスペクトル分析した（図4参照）。

この結果、SC処理の厚さが薄い部分のパッド表面にCuが検出された。CuとはんだのSnは界面において拡散し接合状態となるが、経時的にCu-Sn化合物（ ϵ -Cu₃Sn、 η -Cu₆Sn₅）が成長し、これがはんだ表面に析出し、濡れ性を低下させたものと考えられる。

3. 1. 3 チップ部品の事例

① 部材表面処理の問題

特定のチップ部品において、慢性的に部品立ちによるはんだオープン不良が発生していた。

この原因として、はんだパッドの熱容量、はんだパッドサイズのアンバランスなどが考えられ、種々対策を実施したが効果が得られなかった。

次に、特定チップに不良が発生していることからチップ自体の問題（電極の濡れ性）に着目し調査した結果、チップ電極材質が他のチップ部品の電極と異なり濡れ性の劣る材質が使用されていることが判明した。これにより濡れ時間が長くなり、電極濡れに時間差が生じチップ立ちが発生したものと考えられる。

3. 2 ショート不良

表面実装のショート欠陥は、ほとんどがQFP、SOPリード間のはんだブリッジである。隣接する部品リードがウィッキング（溶融はんだがリードに吸い上げられる）現象によるはんだがリードの間隙を埋めて接触しブリッジを形成する場合がある。この要因として接合部の濡れ性に関するものとしては、パッドよりも部品リードのほうが温度上昇が早く、濡れ速度が速い場合である。

また、パッドの濡れ性が悪いために溶融したはんだがパッドに広がらずにウィッキングを起こす場合もある。これは基板の表面処理が悪く酸化しており、フラックスの活性力不足や前述したSC処理基板のはんだ表面へのCu-Sn化合物の析出などの理由によるものである。

一方、クリームはんだの供給状態に起因する場合もある。表面実装において安定したはんだ付け

図4 SCパッド表面のEPMAスペクトル

品質を得るためには、接合に必要なはんだ量をパッド毎に指定の範囲内に供給することが要求される。しかし、ファインピッチ実装においては、クリームはんだ印刷時のずれや、印刷後もクリームはんだのどれによりパッドエリアからはみだしはんだブリッジが発生する場合がある。

3.3 はんだボール不良

はんだボール対策については脱フロン・エタンによるはんだ付け後の基板無洗浄化により最近注力されている。

クリームはんだフラックスの活性力が不足している場合にパッド周辺部のはんだを凝集させることができずはんだボールとなる。特にファインピッチ化の進んだ現在の表面実装では、クリームはんだのはんだ金属粉末の微細化による酸化量の増加のために活性力が不足する。また無洗浄化によるはんだ付けの高信頼性確保のために活性力を落としたことが不足の原因となる。

印刷のずれやだれによってクリームはんだがパッド周辺部に置かれたり、マウンタによる部品搭載時の押しつけ力によってクリームはんだがパッドからはみ出してしまった場合なども溶融したはんだは接合部に加わることができずにはんだボールとなる。その例を図5に示す。

また、クリームはんだ量が過多であり、接合部形成時に溶融した余剰なはんだが周辺部に押し出されてはんだボールが発生する場合もある。

図5 チップ脇はんだボールの例

図6 チップ下はんだ量とはんだボール発生率の関係

特に1608チップなどの小サイズでは部品下部に供給されるはんだ量とパッドサイズの設計が重要になる。図6にチップ下に供給されるはんだ量とパッド面積の関係を示すが、ある比率以上になるとチップ脇はんだボールが急に発生する。比率を下げるには部品下部のクリームはんだ供給量を減らすか、パッド面積を広げることが考えられるが、どちらの場合も接触面積の低下によるオープンや接続信頼性を充分考慮したうえで検討されるべきである。

4. 高精度 SMTの実現

4.1 窒素雰囲気リフロー

以上に示すように、表面実装技術上の不具合は多岐に渡り、特に濡れ性は無数にある部品種のメーカー・ロットまでも含めたバラツキを考慮して工程設定・管理していくことは事実上困難である。よって、それらバラツキに対しマージンをもった新規工法が必要であり、その一つが窒素雰囲気リフローである。本工法の目的は、

① 部品・材料の加熱時の酸化抑制

② 溶融はんだの表面張力低下

により、はんだ濡れ性を向上させることである。実際の効果はJIS-Z-3284『ソルダーボール試験』により確認したが、窒素雰囲気即ち低酸素濃度になるほど凝集できずに周囲に残るはんだボールの発生数が低減する。

また、実際のはんだ付けにおいては、当社においてリード先端のはんだ濡れ性が劣ることが判明

× 50

図7 大気リフローによる0.5mmピッチ QFPはんだ付け外観

× 50

図8 窒素リフローによる0.5mmピッチ QFPはんだ付け外観

している0.5mmピッチ QFPにて確認を行った。図7は大気中、図8は窒素雰囲気でのフィレット形成状態SEM外観を示すが、両者の濡れ状態に明らかな差があることがわかる。本工法ははんだ付け品質向上もさることながら、マイクロ接合に対する接続信頼性確保にも有効な手段と考える。

4. 2 外観検査

はんだ付け外観検査は、品質確保・コスト面で大きなウェイトを占める。これに対応して、近年では種々タイプの自動外観検査装置が登場している。検査方法としては、

- ① CCDカメラ画像処理方式
- ② X線画像処理方式
- ③ レーザ光反射角検出方式

などがある。いずれの方式も検出力を上げるために製品設計上の制約条件があるが、特に、ファインピッチ QFP・SOP、微小チップのはんだ付け品質を確保するには非常に有効な手段となる。

5. 今後の動向

今後の表面実装技術の動向として、更なる高密度化・ファインピッチ化が進み、0.3mmピッチ QFP、1005チップなどの実装技術が要求されつ

つある。一方で、最近はBGA（ボールグリッドアレイ）にみられる実装性が容易な新規部品が開発され、ファインピッチ化によらない高密度化対応が出現している。但し、いずれも一長一短があるため、今後とも実装メーカーサイドの実力を考慮した選択が要求されると考える。

(1994-12-13 受理)

文 献

- 1) Jennie S. Hwang. 川口寅之輔+田中精子訳；エレクトロニクス・パッケージング用ハンダペースト（工業調査会，1991）
- 2) R. J. Klein Wassink, 竹本 正+藤内伸一監訳；ソルダリング・イン・エレクトロニクス（日刊工業新聞社，1986）
- 3) 竹本 正, 佐藤了平；高信頼度マイクロソルダリング技術（工業調査会，1991）
- 4) ハワード・H. メンコ, 川口寅之輔訳；ソルダリング実践技術（工業調査会，1989）
- 5) 伊藤謹司；表面実装技術読本（日刊工業新聞社，1993）
- 6) 藤平正気, 藤森秀信；多層プリント配線板ステップ365（工業調査会，1989）
- 7) 野末正仁, 鈴木浩一, 町田政広；表面実装技術，19, 12（1993）