実装不良の原因と対策（概要）

当社は、基板，実装，電子部品の「分析・故障解析・信頼性試験」を行っており、その経験と　筆者がはんだ材料の開発で得た知見を加味し、実装不良の原因と対策を紹介することで、読者の参考になればと考えた。

今回は表面実装を中心に実装不良の概要を話し、次回以降　各項目および不具合の詳細を紹介させて頂く。

１．分析，解析内容

当社は、基板メーカーへの技術指導で創業したことから、「改善のための分析と再現実験」を重要視している。また、電子製品に関わる「基板」「実装」「部品」の材料およびプロセス技術者を多く集めており、この点でも特色ある分析会社と言えよう。

今でも「ゴミ，異物」の混入，付着による不具合は多い。この問題を改善するためには、工程内の清掃と混入・付着経路の遮断が重要となる。

まず初めに、工程を細分化し各々で発生するゴミ，異物を採取する。（図３）

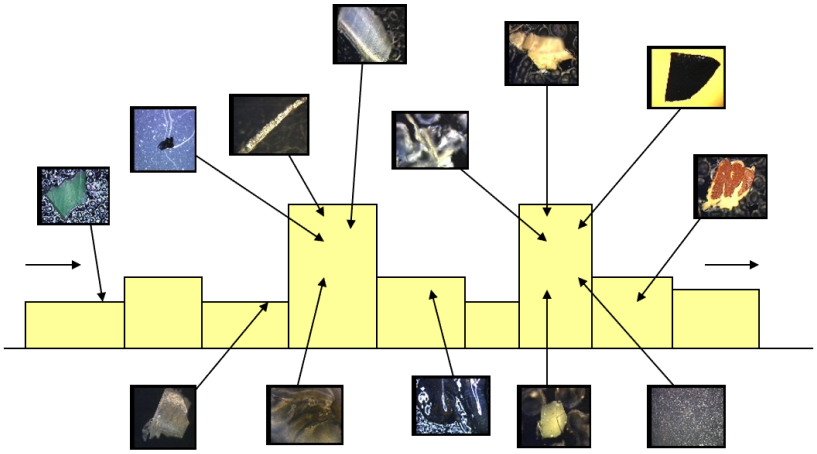


図3. 露光ラインの異物採取

その後、対象物の観察（外観，形状，色）、ＦＴ－ＩＲ分析，元素分析を実施し、物質と混入経路を特定する。（図４）

設備	No	部位	色	FT-IR	元素分析								
					C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K
投入機	5	投入…	緑	No.5	■	■			■	■	■	■	
露光機	3	露光…	黒	No.3	■	■							
露光機	14	露光…	黒	No.14	■	■			■			■	
露光機	4	露光…	銀	No.4	■	■	■		■		■	■	■
露光機	6	露光…	白	No.6	■	■							
露光機	11	露光…	黄	No.11	■	■				■			
露光機	13	水冷…	緑	No.13	■	■			■		■	■	
反転機	9	反転…	褐色	No.9	■	■			■		■		
受取機	1	排出…	白	No.1	■	■		■	■	■			
受取機	2	排出…	白＋薄緑	No.2	■	■				■			

…

⋮

図4. 露光ラインの異物分析

そして、これらの結果を踏まえ　清掃およびそのやり方を指導、工程改善、歩留まり向上活動を進める。

今回のシリーズでは、ゴミ・異物以外が原因となる実装不良について、表面実装を中心にその要因と対策をまず概要について記す。

２．実装不良

２－１．保管

産業用途など、生産量が比較的少なく長期保証が必要な製品にとって、部材の保管は重要な項目となる。８５℃／８５％放置で比較した、Ｃｕ板の酸化膜厚とはんだ付け性の関係を図５～７に示す。

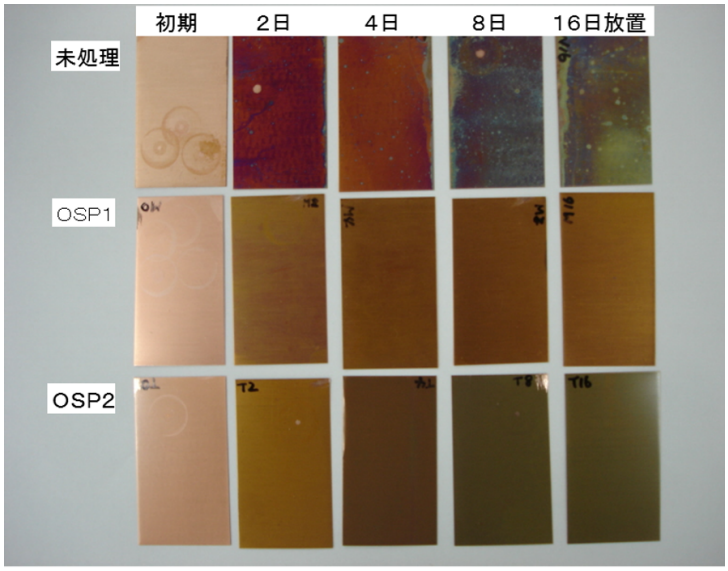


図5. Cu板の状態（85℃/85%RH放置）

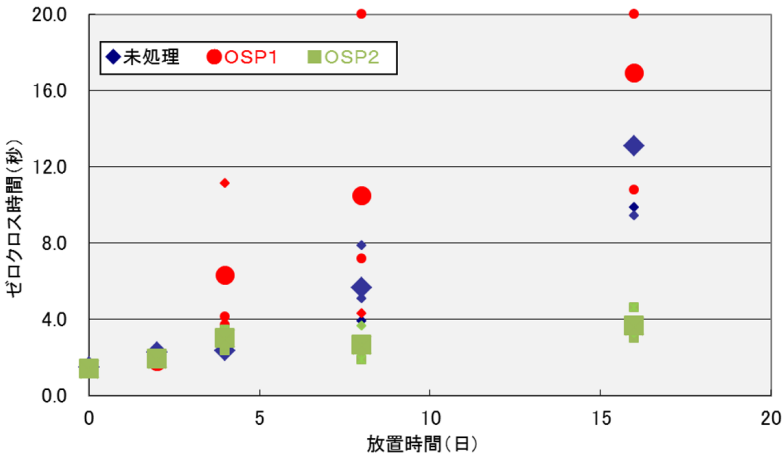


図6. はんだ付け時間の変化(85℃／85%RH)

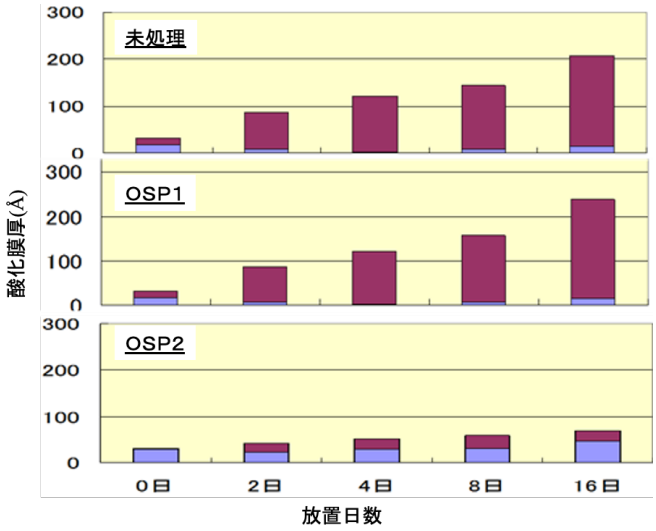


図7. 酸化膜厚の変化(85℃／85%RH)

ＯＳＰの種類で酸化膜およびはんだ付け性に差がある。ただし、室温１７ヶ月放置では、ＯＳＰ１，２とも　酸化膜，ぬれ時間が、ほとんど変化していなかった。このため、３０～４０℃の現実に起こり得る条件での試験を予定している。また、製品基板を用いスルーホールへのはんだぬれ上がりやパッドぬれ性を評価指標にすることも必要と考えている。

酸化膜の測定はＳＥＲＡ法（連続電気化学還元法）で行った。（図８）

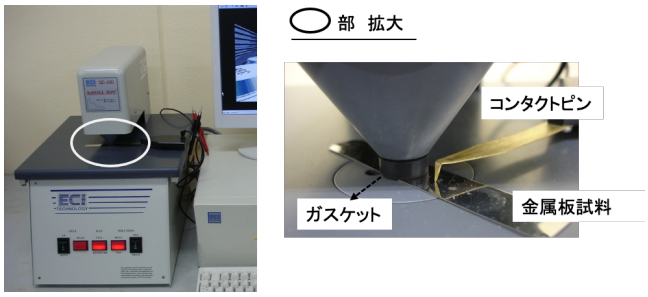


図8. SERA法（連続電気化学還元法）

一般的に使用されるＡＥＳ（オージェ電子分光法），ＸＰＳ（Ｘ線光電子分光分析）は、酸化膜厚の測定時間が長く多数の測定をするのには向かない。一方、ＳＥＲＡ法は、試験片形状，寸法による制約などの問題もあるが、簡易な方法であり多数の試料測定には有効なる。

２－２．印刷

印刷工程は極めて重要なプロセスで、ここでの印刷品質が、実装全体の歩留まりを左右するとも言われている。[1]印刷後検査を実施していない場合、リフロー工程の問題と混同し、印刷工程での異常はわかり難い。

印刷工程の不良原因は、「設計，条件設定」「部材の経時変化」の二つに大別できる。

１）設計，条件設定

設計，条件設定が原因の異常では「パッド見え」「チップ立ち」「はんだブリッジ」「はんだ少」などがある。

図９のパッド見えは、マスクと基板のずれが原因であった。パッドぬれ性に起因する　はんだはじきでればランダムに発生するが、一定方向に偏ってい

ることから原因が判明した。

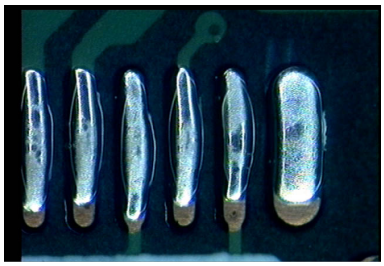


図9. パッド見え

図１０のチップサイドボールは、電極の内側にマスク開口が広いと発生しやすい。

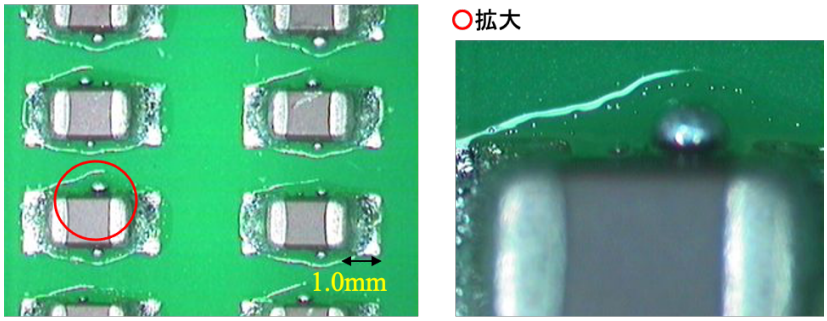


図10. チップサイドボール

また、パッド周辺にシルク印刷している場合（図１１）マスク浮きが原因で、印刷かすれによるはんだ少やにじみが発生しやすい。

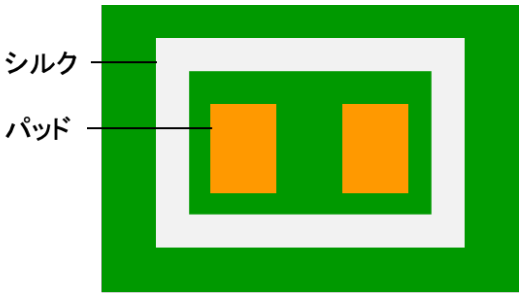
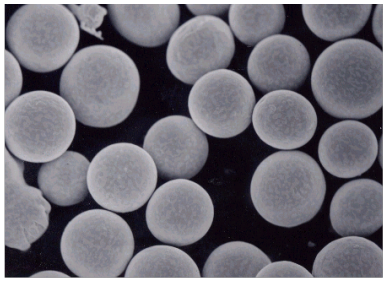


図11. パッド周辺のシルク印刷

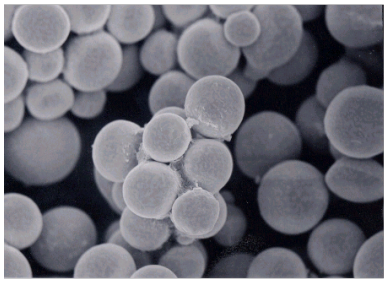
０６０３，０４０２等の微小チップを搭載する場合は、特に注意が必要となる。

２）部材の経時変化

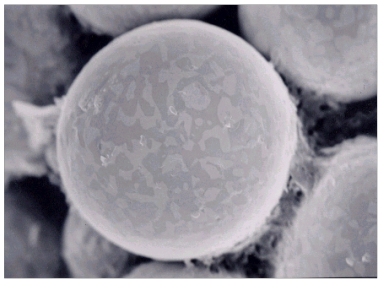
ソルダーペーストを長時間使用していると、徐々に、はんだショート，未はんだ（はんだ少）が増加する。これはペーストの「粘性変化」「粘着性低下」によるもので、図１２に示す、金属塩の形成によるはんだ粉の凝集が主原因と考えている[2]。



印刷初期



連続印刷後



連続印刷後（拡大）

—ハリマ化成株式会社様よりご提供

図12. 増粘したペーストのSEM写真

また、ペースト種や使用環境に影響されることも知られている。[3]ペーストの粘性変化例を図１３，１４に示す。

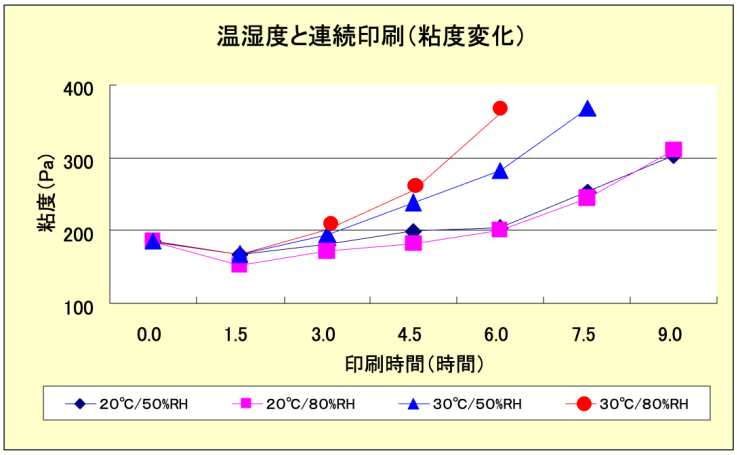


図13. ソルダーペースト増粘事例1

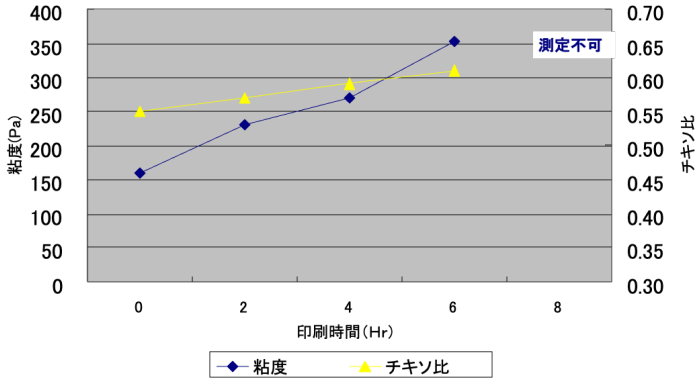


図14. ソルダーペース増粘事例2

この対策を以下に示す。

初めに　使用しているペーストの特性を把握し、①～③の対策を講じる。

①ソルダーペースト変更

②作業場（印刷機内）の環境改善

③ソルダーペースト追加，廃棄タイミング変更

当社では、温湿度を違えてペーストの経時変化を評価する装置を作製し（図１５）、連続印刷時のペースト特性

把握を推奨している。

図15. ペーストローリング試験装置

長期使用による、スキージの摩耗，スクリーンマスクの劣化も問題になる。メタルマスクでは、「潰れはんだによる基板との密着不良」「マスクテンションの低下」による、ショートやはんだかすれの増加が懸念されるため、定期検査が必要となる。

２－３．リフロー

リフローのポイントは、大きく分けて二点と考える。

・はんだ溶融までの熱劣化抑制。

・はんだ溶融温度付近の昇温速度を考慮。

① はんだ溶融までの熱劣化抑制

リフローの場合、はんだが溶融するまでの時間が長く、加熱によるペースト劣化が進む。（はんだ粉の酸

化，酸化膜の除去性能低下）したがって、はんだ溶融までの加熱はできるだけ抑えたい。具体的には溶融までの時間を短く（コンベア速度を早く）プリヒート温度を低く抑え、劣化ゾーン（図１７）の面積を小さくする。少なくとも、現状のプロファイルに余裕があることは確認しておくべきであろう。（図１７）

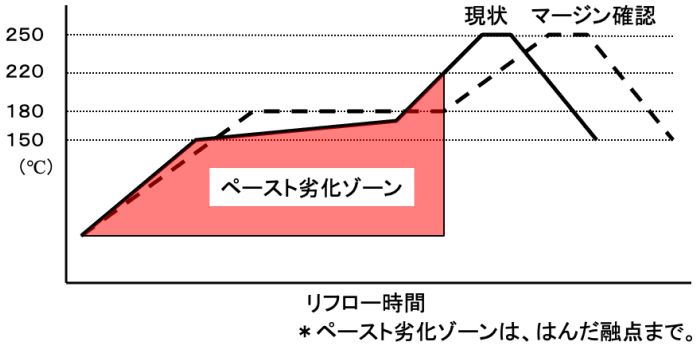


図17. リフロー温度プロファイル

微小ランドでは、印刷体積に占める表面積の割合が増加するため、溶融不良が発生し易い。したがって、ファインパターンでのはんだ付け状態を確認することが重要となる。図１８に１６０８チップと０６０３チップのリフロー状態を示す。プリヒート１分の条件では１６０８，０６０３ともはんだ付けに問題ないが、プリヒート５分で０６０３のはんだ粒が溶融しない未溶融が発生している。

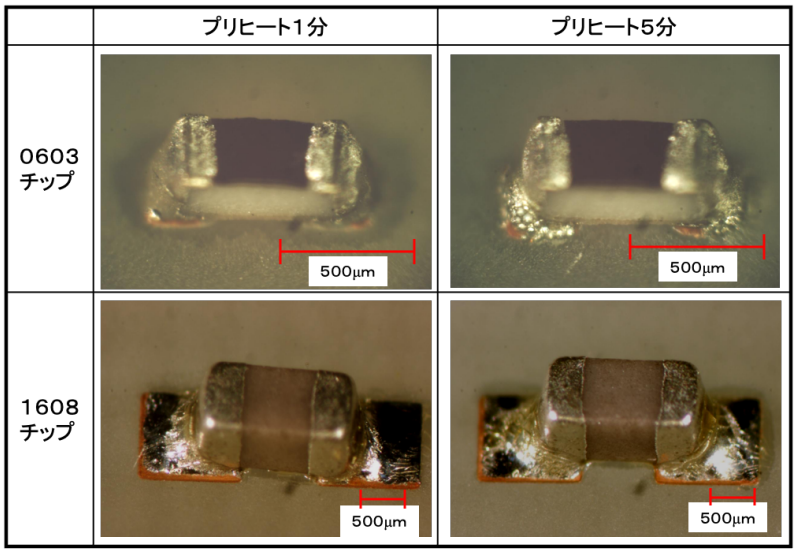


図18. 部品サイズとはんだ溶融状態

また、炉中の風量や風向きに影響される可能性があることから、リフロー機種を変更した場合や風量を変えた場合も確認しておく必要がある。

大型部品などが数多く搭載されリフローに時間を要する製品は、リフロー装置（N_2の導入，VPSの使用）や耐熱性を向上させたソルダーペーストの利用を考える必要もあろう。

② はんだ溶融温度付近の昇温速度を考慮する。

プリヒート時間，温度，コンベア速度，最高温度，はんだの溶融している時間などが、プロファイル条件で注目されるが、溶融温度付近の昇温速度に着目して条件設定されることは少ない。紹介できる事例は少ないが、昇温速度を遅くすることでチップ立ちの減少（チ

ップ電極へのぬれ上がりを遅らせているためと推測）ボイドの減少は確認している。

Ｓｎ３Ａｇ０.５Ｃｕは２２０℃付近で、はんだ粉から溶融はんだに変化する。短時間で固体から液体に変化し、拡散，接合，フラックス流出，ぬれ上がりなど　多くの現象がほぼ同時に発生するため、このポイントは重要と考える。

意図的に変更できるパラメーターは昇温速度なので、これに着目して試験することが大切と考える。昇温速度を変更しボイド発生状態を確認した試験結果を図１９に示す。この結果では、昇温速度を下げるとボイドの減少が認められた。

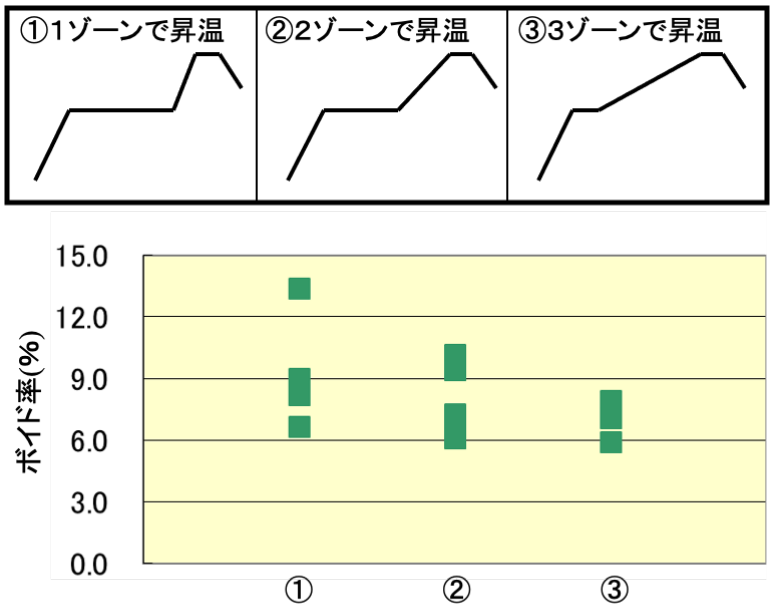


図19. 昇温速度とボイド率

リフロー条件は、メーカー推奨や社内で決められたプロファイルに合わせることが目的ではない。自社製品の特長，問題点，歩留まり向上などを考慮し、最適な方法を考えることが必要となる。

③無電解Ｎｉ／Ａｕめっきでのはんだ付け不良

リフロー問題とは言えないが、無電解Ｎｉ／Ａｕめっき基板での、はんだ付け不良について記す。この現象は２０年近く前から指摘され、多くの研究もされてきたが[4]、現在も当社で扱う不具合の上位を占める。発生原因を以下に示す。

・Ｐ濃化層の過剰形成（図２０）[5]

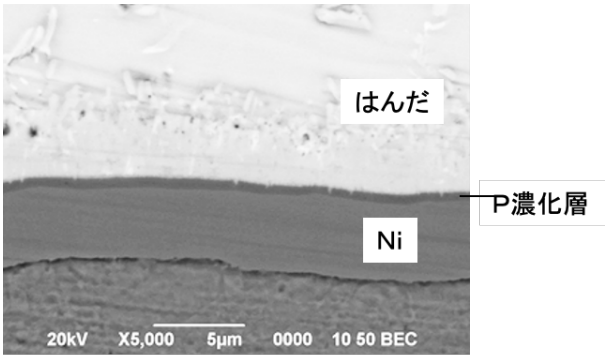


図20. P濃化層の過剰形成

・Ａｕめっき浸食（図２１）[6]

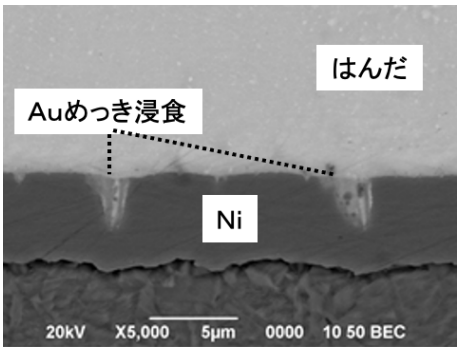


図21. Auめっき浸食

・マイクロボイドの形成

図２２に無電解Ｎｉ／ＡｕとＣｕのはんだ広がり状態を示す。

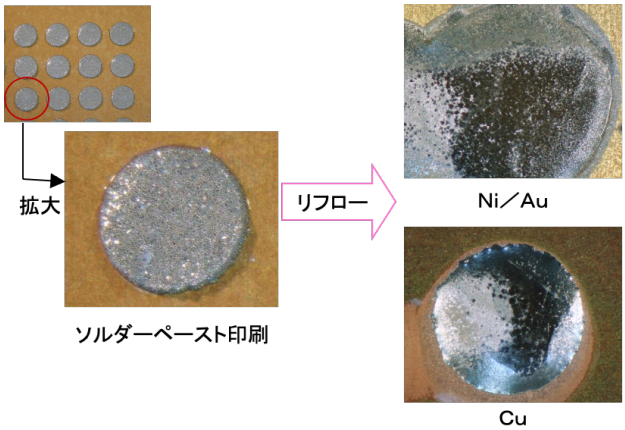


図22. 無電解Ni／AuとCuパッドのはんだ広がり状態比較

Ｎｉ／Ａｕは、はんだ付け性に優れた表面処理方法であるが、はんだ付け不良が突発的に発生することが大きな問題である。中国の基板メーカーへの依存が強まっていることも、この問題を長引かせている一因であろう。原因が判明しても対策できないことが多く、改

善のためには、実際のめっき工程を見て、材料，水，工程，条件，管理方法などを細かく確認し、各基板メーカーに指導することが必要となっている。また、対策後に同じことが繰り返されることも多く、定期検査も必要となっている。基板のロット不良が発生すると大問題になるため、当社では、セットメーカの依頼を受け、多数の中国基板メーカーで改善や工程管理の活動を続けている。

２－４．洗浄

多くの製品でフラックス洗浄が行われていないため、洗浄の良悪を議論されることは少なくなっている。

フラックス残渣は、ロジンを主成分として活性剤とチキソ剤を含む。[7] したがって、洗浄液には、ロジン溶解性に優れる溶剤と親水性の活性剤の溶解性に優れるアルコールの混合液が良かろう。また、ロジンの軟化温度は８０～９０℃のため、洗浄温度は、それ以上もしくはできるだけ高い方が望ましい。その上で、揺動，超音波，スプレーなどの洗浄方法を取り入れる。

以下にフラックス洗浄工程の選定フローを示す。

①洗浄可能なフラックスを選定する。（メーカ確認で可）

②リフロープロファイル設定。

長時間加熱によりフラックスが洗浄しにくくなることを考慮すること。

③洗浄液および洗浄方法の選定，最適化

表面実装を中心に不具合とその対策について概要を述べた。次回以降、各不具合の詳細について記す。

１）濱田正和：マイクロソルダリング技術，初版，日刊工業新聞社，８３，２００２

２）高橋政典、“ペースト印刷時の経時劣化解析とその試験方法”、エレクトロニクス実装技術Ｎｏ．５，ｐ３４，２０１１

３）ジェニー・ウォング：エレクトロニクス・パッケージング用ハンダペースト，初版，工業調査会，１８８，１９９２

４）山本、他、“無電解めっきを用いたＢＧＡはんだ接合部の衝撃信頼性の検討”など、ＭＥＳ２００４、ｐｐ．７７－８０、２００４

５）　苅谷、他、“無電解Ｎｉ－Ｐ／Ｓｎ－Ａｇはんだ接合部の界面組織と機械的信頼性”、Ｍａｔｅ２０００、ｐｐ．２１７－２２２、２０００

６）　菅沼克昭：はじめての鉛フリーはんだ付けの信頼性，初版，工業調査会，４２，２００７

７）　高橋政典、“はんだ付け用フラックスとは何か”、エレクトロニクス実装技術Ｎｏ．１０，ｐ４１，２０１１

クオルテック「受託研究」ページ

クオルテック「お問い合わせ」