電子部品はんだ付けにおける品質管理手法の開発

奥谷潤* 米澤保人* 筒口善央* 的場彰成*

電子部品とプリント配線基板のはんだ付けにおいて，電子部品にはんだぬれ不良が発生すると接合強度が不足する。この電子部品に由来する，はんだぬれ不良の主な原因は電極の酸化と考えられる。電極は，温度や湿度などが管理されない環境で酸化されやすい。本研究は，はんだぬれ不良の原因となる酸化状態を非破壊かつ簡易に測定する指標として光の反射に着目した。はんだぬれ性および光の反射強度，電極の酸化の関係を明らかにし，光の反射によるはんだ付け良否を判定する品質管理手法の可能性を示した。
キーワード: はんだぬれ性，電子部品，光の反射，酸化

Development of a Method of Quality Control for Soldering

Jun OKUTANI, Yasuto YONEZAWA, Yoshiteru DOGUCHI and Akinari MATOBA

Poor wetting in the soldering of electronic parts causes degradation of solder bonding strength, and poor wetting is thought to originate from the oxidation of electrodes. Oxidation of the electrodes is especially rapid when temperature and humidity are not controlled. This research focuses on light reflection for measurement of electrode oxidation, under non-destructive and simple conditions. The results revealed the possibility of a relationship with light reflection, and a correlation among solderbility, light reflection and electrode oxidation.
Keywords: solderbility, electronic parts, light reflection, oxidation

1．緒　　言

電気製品に組み込まれるプリント配線基板 (以下，基板)には，多種多様な電子部品がはんだ付けされている。図1に電子部品の例を示す。このうち挿入部品は，基板のスルーホール(銅めっきされた貫通穴)等に電極であるリードを挿入し，フローソルダリングにより，リードとスルーホール間をはんだで接合する[1)]。挿入部品のリードは，スルーホールに挿入された後，リード表面に施されためっき表面の酸化層(金属酸化膜)を除去するためにフラックスが塗布される[2)]。フラックスは溶融はんだに接触して加熱され，活性化して金属酸化膜を除去し，はんだぬれ性を良好にする。しかし，この金属酸化膜が厚いとフラックスによる十分な除去ができず，ぬれ性が悪くなり，はんだぬれ不良となる[3), 4)]。

図1　基板と電子部品

図2に電子部品の納入形態を示す。小型である表面実装部品は，キャリアテープと呼ばれる収納部分を持つテープに入れられた後，カバーテープにより密閉され[5)]，リールに巻かれて納入されるのに対し，比較的大型の挿入部品は，密閉されることなく，電極は剥き出しのままテープ状に巻かれて納入される。そのため，挿入部品の電極は輸送中，外気にさらされ，酸化されやすいと考えられる。なお，金属酸化膜は，温度・湿度管理がされないまま長期間保管された場合に厚くなりやすい。更に，道路沿いや海近くなどの雰囲気下においては，腐食による金属酸化膜の形成が促進される。最近，海外製電子部品の利用が増加し，納入までの保管状態や輸送経路が不明な場合が多くある。そのため，以前よりも酸化の進んだ電子部品を使用する可能性が高まっており，はんだ付け不良の発生が懸念されている。

*電子情報部

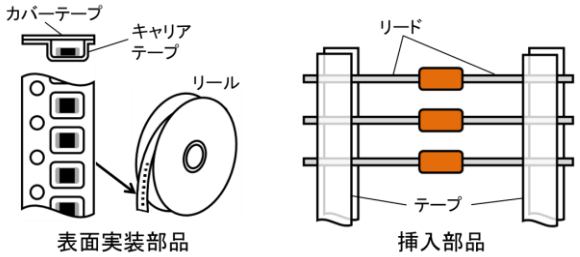

図2　電子部品の納入形態

通常，電子部品のはんだぬれ性の良否を確認するには，メニスコグラフ法によるはんだぬれ性試験[6]を行う。しかし，はんだぬれ性試験は，電子部品の電極をはんだに浸漬する破壊試験であるため，試験後の試料は製品に使用できない。また，電極表面の酸化状態を評価するために元素分析装置EPMA (Electron Probe Micro Analyzer；電子線マイクロアナライザ)等を使用すると，めっき金属と酸素の比率を定量化でき，酸化状態を数値化できる。しかし，装置が高価なことや測定に時間が掛かることから生産現場において利用することは難しい。本研究では，電子部品の電極の酸化によるはんだぬれ不良の発生を未然に防ぐため，非破壊かつ生産現場で利用可能な測定方法として光に着目し，電極の酸化状態を光の反射から評価する品質管理手法を試みた。はんだぬれ性と光の反射強度，電極の酸化の関係を明らかにすることにより，はんだ付け良否の判定可否について検証し，品質管理手法への可能性を調べた。

2．測定原理

図3に光の反射による電極表面の酸化評価の概念を示す。一般に金属は，酸化によって金属光沢がなくなり，白色や黒色などに見えるようになる。金属光沢がなくなることや色の変化は，反射光の強度や波長のスペクトルが変化していると考えられる[7]。そのため，はんだぬれ性の良い試料と悪い試料の反射光の特性を比較することにより，はんだぬれ性や酸化状態との関係を明らかにすることにより，はんだぬれ性の良否を判定できると考えた。

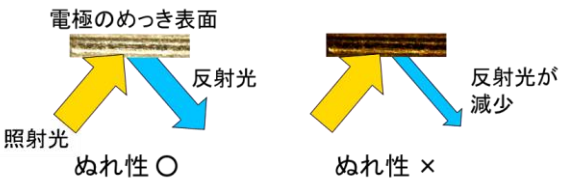

図3　光の反射による電極表面の酸化評価の概念

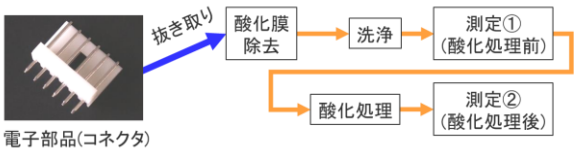

図4　評価手順

3．実験内容

3．1　電極めっき酸化試料の作成

図4に試料の評価手順を示す。試料には，電極のめっきとして多く利用されているスズが使用されたリードを持つコネクタ(TE Connectivity・171825-6)を使用した。試料は，このコネクタから1本ずつ抜き取ったピンを用いた。ピンは，スターラーを用いて撹拌した塩酸 (塩化水素2%)に2分間浸漬してスズめっき表面の金属酸化膜を除去した。その後，蒸留水で2分間の超音波洗浄を2回行い，金属酸化膜の極めて少ない清浄なスズめっきの電極として，初期状態試料に用いた。

表1に異なる金属酸化膜の試料を作製するために実施した酸化処理条件を示す。1回目の酸素量の比率，反射光スペクトルの測定が終了した試料は，PCT装置(タバイエスペック(株)・TPC-412M)を用い，133℃，約3気圧の下，規定の時間放置することにより金属酸化膜の形成を行った。

3．2　電極めっき表面状態の評価

電極のめっき表面からの反射光の特性は，光スペクトラムアナライザ(横河メータ＆インスツルメンツ(株)・AQ6315B)，酸化処理時間ごとのめっき表面の酸素量の比率は，EPMA(日本電子(株)・JXA-8100)を用いて測定した。

図5に酸化処理前と60時間酸化処理した試料のめっき表面からの反射光スペクトルの測定結果例を示す。350～1750nmの光の波長範囲を測定したところ，酸化処理後において測定した波長範囲の全域において反射

表1　酸化処理条件

項目	条件
温度	133℃
圧力	3×10^5Pa
時間	42, 48, 54, 60, 72h

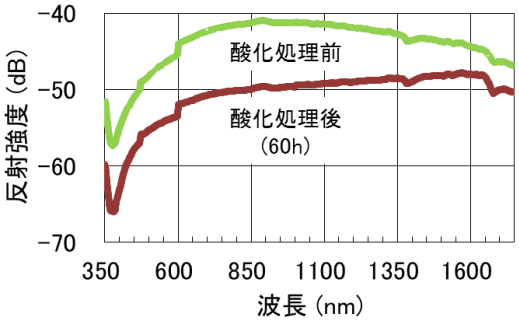

図5　反射光スペクトルの測定結果例

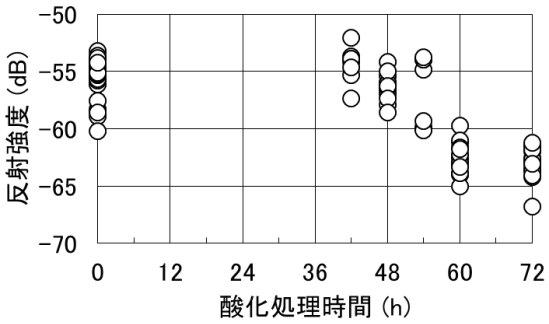

図7　光の反射強度

強度が低下した。以降の解析においては，反射強度の比較的弱い波長400nmにおける反射強度の値を基準値とした。なお，反射光スペクトルと元素分析は，試料であるピンの断面が四角形であることから4方向からの測定ができるため，1試料につき測定結果が4つ得られる。一方，はんだぬれ性試験は，試料を溶融はんだに浸漬する破壊試験であるため，1試料につき測定結果は1つとなる。また，酸化処理前後の比較はできない。

酸化処理の後，2回目の酸素量の比率，光の反射を測定した試料は，はんだぬれ性試験を行った。はんだぬれ性試験は，ディップウェッティングテスタ((株)マルコム・SWB-2)を用いて，JIS Z 3198-4と同様に試験した。表2にはんだぬれ性試験の設定条件を示す。なお，フラックスには，(千住金属工業(株)・スパークルフラックス ES-1061SP-2)を使用し，ゼロクロスタイムをはんだぬれ性として，良否判断の目安とした。

表2　はんだぬれ性試験設定条件

項目	条件
はんだ温度	245℃
浸漬速度	5mm/s
浸漬時間	5s
浸漬深さ	2mm

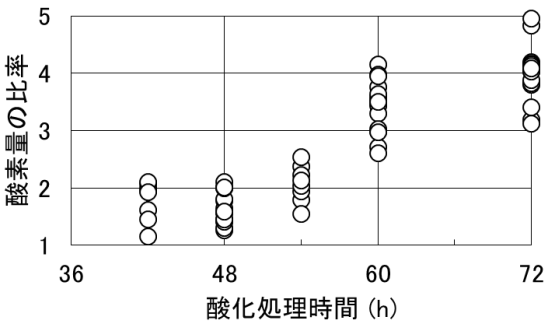

図6　酸化処理時間と酸素量の比率の相関

4．実験結果と考察

4．1　酸化処理時間とめっき表面の状態

図6に酸化処理時間ごとの酸素量の比率を示す。酸化処理前の電極めっき表面の酸素量(Counts)を1として酸化処理後の酸素量を規格化した。酸化処理時間が増加するに従って，酸素量の比率が上昇した。

図7に酸化処理前後の光の反射強度を示す。酸化処理後の電極めっきの光の反射強度は，酸化処理時間が増加するに従って減少した。以上の結果から，特に酸化処理時間60時間以上において，金属酸化膜が厚くなっていると考えられる。

図8に酸化処理時間と電極リードのぬれ性の関係を示す。酸化処理前の金属酸化膜の極めて少ない初期状態試料におけるはんだぬれ性は約1秒であった。酸化処理時間42時間から54時間までは，初期状態試料と同等のぬれ性であった。なお，図中に△で示した酸化処理時間60時間および72時間は，浸漬時間中にぬれなかった。

4．2　光の反射とぬれ性の関係

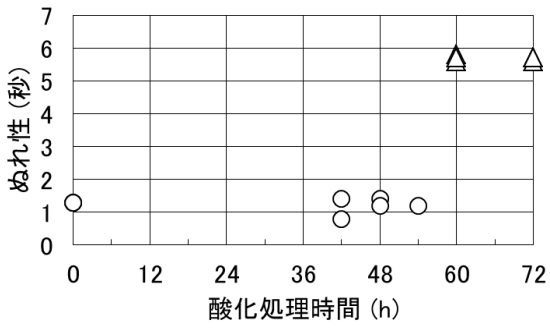

図8　酸化処理前後の電極リードのぬれ性

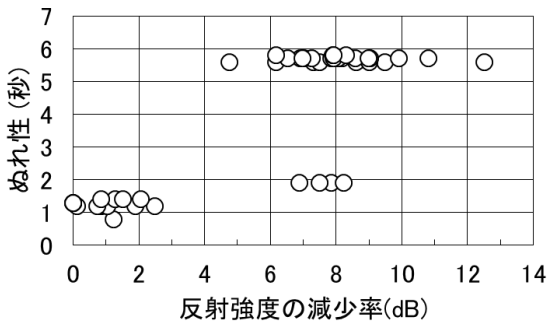

図9　反射強度の減少とぬれ性

図9に電極めっき表面からの光の反射強度の減少率とぬれ性の関係を示す。反射強度の減少率が約6dBまでは初期状態試料と同等のぬれ性(約1秒)であった。反射の減少が6dBを超えるとはんだにぬれず，はんだぬれ性が悪くなることが分かった。

以上の結果から，光の反射強度の減少6dBを閾値とした場合，はんだぬれ性の良否の境界となることが分かった。今回使用した電子部品について，酸化処理時間と酸素量の比率またはぬれ性，光の反射強度の減少率とぬれ性が明らかとなった。これらのことから，電極のめっき表面からの反射光により，はんだぬれ性および酸化状態を評価できることが示された。

５．結　　言

以下に本研究において得られた結果を示す。

(1)使用した電子部品のスズめっきの反射光から酸素量の比率，光の反射強度の減少率，ぬれ性の関係を明らかにした。

(2)光の反射強度の減少率にはんだ付け可否の閾値があることを明らかにした。

上記より，電子部品のはんだ付け性の品質管理に光の反射を利用する手法の有効性を示した。ただし，光の反射による品質管理の基準は，電子部品ごとに求める必要があると考える。

今後，実際の生産現場での利用を想定し，比較的安価で簡易な装置による測定結果から，はんだぬれ性良否評価を検証する。

参考文献

1)(社法)日本溶接協会マイクロソルダリング技術認定・検定委員会. 標準マイクロソルダリング技術. 日刊工業新聞社. 1992, p.145-150.

2)長谷川正行. カラー写真で見るマイクロソルダリング不良解析. 日刊工業新聞社. 2008, p.12-13.

3)小島昇. 電子部品図鑑. (株)誠文堂新光社. 2007, p.40.

4)長谷川正行. カラー図解マイクロソルダリング不良解析Q&A. 日刊工業新聞社. 1998, p.74-76.

5)小島昇. 電子部品図鑑. (株)誠文堂新光社. 2007, p.62.

6)板倉省吾. JIS Z 3198-4 鉛フリーはんだ試験方法－第4部：ウェッティングバランス法及び接触角法によるぬれ性試験方法. (一財)日本規格協会. 2005, p.1-7.

7)(地独)東京都立産業技術研究センター. 明日使える光計測の基礎. 日刊工業新聞社. 2016, p.10.