レーザ変位法を用いた溶ダペーストぬれ性評価装置の開発

荘司 郁夫*, 小山 真司*, 大屋 一生*, 伊坂 俊宏*, 宮本 博永**, 西室 将***, 平本 清***

Development of Wettability Evaluation Equipment for Solder Paste Using Laser Displacement Method

Ikuo SHOHJI*, Shinji KOYAMA*, Issei OYA*, Toshihiro ISAKA*, Hironaga MIYAMOTO**,
Masashi NISHIMURO***, and Kiyoshi HIRAMOTO***

*群馬大学大学院工学研究科機械システム工学専攻 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1)

**山梨県工業技術センター (〒400-0055 山梨県甲府市大津町2094)

***山陽精工株式会社 (〒192-0045 東京都八王子市大和田町5-27-10)

*Department of Mechanical System Engineering, Graduate School of Engineering, Gunma University (1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu-shi, Gunma 376-8515)

**Yamanashi Prefectural Industrial Technology Center (2094 Ohtsu-machi, Kofu-shi, Yamanashi 400-0055)

***SANYOSEIKO Co., Ltd. (5-27-10 Oowada-cho, Hachioji-shi, Tokyo 192-0045)

Abstract

Equipment for evaluating the wettability of solder paste has been developed using a laser displacement method. Using the equipment, the descent behavior of an electronic part in reflow soldering can be measured with a laser displacement meter. From the measured height displacement curve, the wetting time and spread rate of the solder paste onto the electrodes of an electronic part and a substrate can be investigated. The developed equipment can detect the difference in the wettability of solder paste which depends on the solder paste type, the electrode type, and the degradation of the solder paste over time.

Key Words: Solder Paste, Wettability, Laser Displacement Meter, Surface Mount Technology

1. 緒 言

電子機器の小型軽量化を実現すべく、電子部品の高機能化および小型化が進められている。チップ部品も0402サイズまで小型化し、電子部品の実装技術には高密度対応が求められている。現在、高密度実装技術としては、主にリフロー溶ダリングを利用した表面実装技術が使用されている。リフロー溶ダリングでは、電子部品とプリント配線板の電極の接合は溶ダペーストを用いて行われるため、溶ダペーストの性能が、生産性および接合部の信頼性に及ぼす影響は大きい。従来、溶ダペーストには、粒径25~45 μm 程度の球形粉末が使用されてきたが、小型電子部品への対応から粒径15~25 μm 程度のものも実用化されており、さらなる小粒径化も検討されている。また、はんだ材の鉛フリー対応から、安定性、ぬれ性、および耐熱性などを改善すべくフラックスなどが開発され、溶ダペーストの高性能化が進んでいる。そのため、溶ダペーストのぬれ性を適正に評価する方法が求められている。

溶ダペーストのぬれ性評価方法としては、急加熱昇温法やプロファイル昇温法などの平衡法^{1),2)}が検討されており、0603や0402サイズの微小チップを対象とした評価も進められている³⁾。しかし、これらの方法は、主として電子部品の電極部のぬれ性評価を対象としたものであり、溶

ダペーストの性能や劣化などを評価対象としたものではない。また、電子部品の電極材を試料とすることにより寸法効果を考慮した試験方法とはなっているものの、電子部品の実際の実装状態を模擬したものではなく、実際のぬれ挙動とは多少の差が生じるものと思われる。そこで、われわれは、リフロー溶ダリング時の電子部品の高さ方向の位置変化をレーザ変位法により計測することにより、溶ダペーストのぬれ特性を評価する装置を開発した⁴⁾。本報告では、その成果および評価例について述べる。

2. 装置の概要

Fig. 1に開発した装置の外観を示す。また、Fig. 2には測定システムの模式図を示す。加熱炉のステージ上に、Fig. 2のように評価基板をセットし、リフロー溶ダリングを模した温度プロファイルにて赤外線により加熱し、溶ダペーストを溶融させて電子部品との接合挙動を評価する。Fig. 1に示したように、加熱炉の上部にレーザ変位計が設置されており、電子部品の高さ方向の位置をリアルタイムに測定する。また、ぬれ挙動観察用のCCDユニットも設置されており、電子部品接合部を側面方向よりリアルタイムに動画観察でき、動画の録画機能も付与されている。冷却ユニットは、ぬれ挙動の観察終了後、試料を急速に冷却し、試験時間を短くするために装備された。

Fig. 1 General view of developed equipment

Fig. 2 Schematic of measurement system

Fig. 3 Relation between descent behavior and reflow temperature of 1608 chip in reflow soldering with Sn-3Ag-0.5Cu solder

Fig. 3に、本装置にてFR-4評価基板上でのSn-3Ag-0.5Cu (mass%) ソルダペーストの1608チップ部品電極へのぬれ挙動を評価した際の測定例を示す。本装置では、Fig. 3のような横軸を測定時間とした際の、評価基板の温度変化（ソルダペーストの温度変化に相当）と電子部品の高さ方向の位置変化が測定される。図のように、含有はんだの溶融開始温度を時刻0と取ることにより、ソルダペーストの溶融に伴う電子部品の降下挙動がレーザ変位計による測定値を用いて整理できる。Fig. 4に、Fig. 3中の(1)~(4)の状態に相当するCCDによる観察像を示す。(1)は溶融開始時、(2)および(3)は溶融はんだの電極へのぬれ広がりに伴う部品の降

Fig. 4 Wetting behavior of solder paste in each step of height displacement curve shown in Fig. 3

下過程、(4)は溶融はんだの電極へのぬれが完了しチップ部品の位置が安定した状態を示している。Fig. 4に示したぬれ挙動の進行により、それに対応したFig. 3のような変位曲線が得られることがわかる。本研究では、変位曲線において、電子部品がほぼ一定速度で降下する領域に回帰直線を引き、さらにぬれが完了し部品高さが一定となる領域にベースラインを引いて、回帰直線とベースラインの交点を求めた。その交点の時刻を T_1 として評価した（Fig. 3参照）。 T_1 は、ソルダペーストのはんだの溶融開始からチップ部品電極への溶融はんだのぬれ広がりが完了するまでの時間に相当する。 T_1 の評価のための一連の操作は、付属のソフトウェアを用いて装置に装備されたPCにて実施できる。また、回帰直線の傾きは、電子部品の降下速度であり、溶融はんだのぬれ広がり速度に相当するものと考えられるため、ソルダペーストや電極材の違いによるぬれ性評価のパラメータとして利用できる⁴⁾。Fig. 3には、1試料の評価例を示したが、本装置には複数の試料の評価を行った結果を同一グラフ上に描き、統計処理により平均的な変位曲線を描く機能も付与されている。

3. 応用例

3.1 Sn-3Ag-0.5Cu鉛フリーソルダペーストの経時変化
開発した装置を用いて、市販のSn-3Ag-0.5Cu鉛フリーソルダペーストの経時変化に伴うぬれ特性の変化を評価した結果について述べる。評価基板には、Fig. 5(a)に示すCu電極を有するものを供した。搭載部品には、Fig. 3に示した1608部品と同様の部品を用いた。部品電極の表面はSnめっきとなっていた。メタルマスクは、Fig. 5(b)の開口部形状を有し、マスク厚0.12mmのものを使用した。リフローソルダリング時の温度プロファイルは、Fig. 6に示した条件を設定した。Fig. 6は、設定温度であり、実際の温度変化は熱電対により測定している。降温時の温度変化は設定値に追従せず、緩やかな冷却速度となるが、ぬれ挙動の評価は、はんだ材の溶融開始温度から数十秒程度で可能

Fig. 5 General views of (a) Cu electrodes and (b) opening patterns of stencil

Fig. 6 Heating profile in wetting evaluation test

であるため、測定上は問題ない。Sn-3Ag-0.5Cu 鉛フリーソルダペーストを開封後、室温大気中に放置し、経時変化を評価した。なお、1試験条件あたり10個の試料について試験を行った。

Fig. 7に T_1 の変化を調査した結果を示す。(a)は、個々の測定データから得られた結果の平均値と標準偏差をプロットした。(b)は、各条件ごとに全測定データから平均変位曲線を装置付属のソフトウェアにより描いて、評価した結果を示した。放置時間30日までは、 T_1 は比較的大きく上昇するがその後は緩やかに上昇する傾向を示した。480日経過後は、 T_1 は20s程度に上昇するが、著しいぬれ性の低下は認められなかった。この結果は、今回評価したソルダペーストが高い保存安定性を有するために得られたものと考えられる。Fig. 7(a)および(b)より、 T_1 については、個々のデータの平均値から求めても装置付属のソフトウェアにより自動的に得られる平均変位曲線から求めてもほぼ同様の結果が得られており、付属ソフトウェアによる解析手法の妥当性が確認された。Fig. 8に、平均変位曲線から求めたチップ部品の降下速度の評価結果を示す。Fig. 7の T_1 の変化と比較すると、降下速度は T_1 が小さい時に大きくなる傾向を示しており、溶融はんだの電極へのぬれ広がり速度に相当する降下速度もぬれ特性を評価するパラメータとして利用できることが示唆された。

Fig. 7 Change of wettability parameter (T_1) of Sn-3Ag-0.5Cu solder paste in leaving at the ambient temperature. (a) evaluation results from several data, (b) evaluation results from average wetting curve of several data

Fig. 8 Change of descent speed of 1608 chip component in leaving at the ambient temperature

3.2 劣化ペーストの評価方法の検討

Fig. 7に示したように、市販のソルダペーストはその劣化がぬれ特性にはあまり影響を与えない傾向があることが明らかとなった。そこで、加熱処理(110°C 10 min)を施してソルダペーストを劣化させ、その際のぬれ性劣化を検知する手法を検討した。実際の電子部品を使用する場合は前節のような評価になると考えるが、ソルダペースト自体の評価を行うには、ペーストがぬれる母材の表面を常に同性状にする必要がある。そこで、母材としてCu板を用いて、Cu

Fig. 9 Opening pattern of stencil for evaluation of degradation of solder paste

板の表面をJIS Z 3284の付属書4の4.(2)に規定される手法⁹⁾，すなわち，以下に示す手順にて表面を清浄にしたものを使用した。清浄後は，該当規程に従い，直ちに試験に供した。

1. アセトン洗浄（脱脂）
2. 60～70℃の硫酸に1分間浸漬（酸化被膜除去）
3. 20～25℃の過硫酸アンモニウム溶液に1分間浸漬（表面の均一エッチング）
4. 流水洗浄（最長5秒間）
5. 25℃以下の硫酸に1分間浸漬
6. 流水洗浄（約5秒間），精製水すすぎ，アセトンすすぎの後，空气中で乾燥

また，Cu表面を清浄にした状態は，表面の酸化被膜が除去された状態となり，電子部品のCu電極の表面状態よりは清浄度が高いものと思われる。そこで，Cu表面に前述の清浄処理を施した後，大気雰囲気のオープン中にて110℃ 10 minの熱処理を施して表面酸化被膜の成長を促進したものも評価した。

評価基板として，5×5×1 mmおよび3×3×1 mmのサイズを有するCu板(C1220P)を準備した。 solderペーストには，前節で使用したものと同様のSn-3Ag-0.5Cu鉛フリー solderペーストを用いた。5×5×1 mmのCu板の上に，Fig. 9に示した開口形状を有するメタルマスクを使用して solderペーストを供給し，その上に3×3×1 mmのCu板を搭載して供試材とした。メタルマスクの厚みは0.12 mmとした。リフロー solderリング時の温度プロファイルは，Fig. 6に示したものをを用いた。

Table 1に， solderペーストおよび2枚のCu板に対する熱処理の有無と T_1 の測定結果をまとめて示す。 solderペーストおよびCu板のいずれも熱処理を加えない場合には， T_1 は3.3 sであった。Cu板だけに熱処理を施しても， T_1 (3.0 s)はほとんど変化しないことがわかる。また， solderペーストに熱処理を施しても，Cu板が清浄された場合には， T_1 (3.5 s)の変化はほとんど認められない。一方， solderペー

Table 1. Effect of aging treatment of solder paste and Cu sheet on wettability parameter (T_1)

	Solder paste	Cu sheet	T_1 (s)
Aging	non	non	3.3
Treatment	non	yes	3.0
(110℃ 10 min)	yes	non	3.5
	yes	yes	4.6

ストとCu板の両方に熱処理を施した場合，明らかな T_1 (4.6 s)の増加が認められた。すなわち， solderペーストの劣化を検出するには，母材Cuの表面が適度に酸化されている方が，好ましいことが示唆された。現在，同手法によるCu板を用いた solderペーストのぬれ性評価に関する検討を進めており，関連規格での標準化を目指し，Cu板表面の酸化処理方法について引き続き検討を行っていく予定である。

4. 結 言

リフロー solderリング時の電子部品の高さ方向の位置変化をレーザ変位計により計測して， solderペーストのぬれ特性を評価する装置を開発した。得られる変位曲線より， solderペーストの電極へのぬれ特性を評価できることを示した。実際の電子部品を用いる場合には，開発装置により， solderペーストおよび電極材の相違によるぬれ特性の差は評価できることが確認されている。今後は， solderペーストの劣化挙動を精度よく検出できるよう，評価基板電極の表面処理方法などを検討し，関連規格への標準化を目指していきたい。

謝 辞

本研究開発は，戦略的基盤技術高度化支援事業「鉛フリー solderペーストのぬれ性評価装置の研究開発」の一環として行われた。関係各位に謝意を表する。

(2011.1.31-受理)

文 献

- 1) JIS C 0099, 環境試験方法—電気・電子—鉛フリー solderペーストを用いた表面実装部品(SMD)のはんだ付け性試験方法—平衡法(2005)
- 2) JEITA ET-7404, solderペーストを用いた表面実装部品のはんだ付け性試験方法（平衡法）(1997)
- 3) 藤間貞行：“微小チップ部品（0603，0402サイズ）のはんだぬれ性評価，”溶接学会第50回マイクロ接合研究委員会 solderリング分科会資料，pp. 55–66, 2010
- 4) S. Koyama, I. Oya, T. Isaka, I. Shohji, M. Nishimuro, K. Hiramoto, and H. Miyamoto: “Development of Wettability Evaluation Equipment for Solder Paste Using Laser Displacement Method,” Proc. of Visual-JW2010, Vol. 1, pp. 191–192, 2010
- 5) JIS Z 3284, solderペースト(1994)