

特集 Pbフリー端子めっき部品のはんだ接続信頼性に及ぼす影響*

Solder Joints Reliability in Pb-Free plating components

神谷 潔 園部俊夫 三治真佐樹 潮 憲樹 坂口茂樹
 Kiyoshi KAMIYA Toshio SONOBE Masaki SANJI Noriki USHIO Shigeki SAKAGUCHI

We evaluated the influence of Lift-off (Fillet-lifting) and the influence of thermal fatigue, in this case on combination between various terminal platings of electronic components and Pb-free solder, Sn-37Pb solder.

As the result, (1) Lift-off is the same level to compare flow soldering and spot reflow soldering in THD. (2) In this case of combination between Sn-3.5Ag solder and Sn-Bi plating, Bi contents is near by 3wt%, Lift-off will occur. (3) The rate of solder crack worsens by component which has a high plastic strain in solder joint, in this case of combination between Sn-37Pb solder and Sn-5 ~ 6Bi plating.

Key words : Pb-free solder, Pb-free plating, Lift-off (Fillet-lifting), Thermal fatigue life

1. 緒言

近年、地球環境保護に対する関心の高まりから電子材料のPbフリー化の動きが活発化してきており接合はんだや部品端子めっきのPbフリー化への切替が段階的に進められつつある¹⁾。

このため、Sn-Pb系はんだとPbフリーめっき部品との組合せや、その逆のSn-3.5Ag系PbフリーはんだとSn-Pbめっき部品との組合せが過渡的に生じる場合を

考慮した接続信頼性の把握が重要となる。

本稿では、Sn-Bi系めっきを主体とした各種のPbフリー端子めっき部品のリフトオフ(はんだフレットが、はんだ付け後に剥離する現象)への影響と熱疲労性への影響について調査した結果を報告する。

2. 実験方法

実験に用いたPbフリーめっき部品をTable 1、リフトオフ調査及び熱疲労評価に用いたサンプル条件をTable 2に示す。なお、プリント基板はガラエポFR4(板厚1.6mm)を用いた。

リフトオフは実体顕微鏡及びSEM(走査型電子顕微鏡)にて発生数を調査した。また、疑わしいサンプルは断面研磨にて確認した。

熱疲労評価は温度サイクル試験(-30~105℃,各30min)を行い1500サイクル後と3000サイクル後の熱疲労度合いを断面はんだクラック率(継ぎ手全長に対するクラック長さの割合)で調査した。

Table 1 Spec. of electrical components

Components		Plating(wt%)
THD	SDIP-IC 30pin	Sn-10Pb Sn-2Bi, Sn-3Bi, Sn-6Bi Sn-3.5Ag
	Lead wire φ0.6mm	Sn-5Pb Sn-3Bi/Sn, Sn-5Bi
SMD	QFP120pin □28mm Pitch0.8mm Lead material 42alloy, Cu	Sn-10Pb (lead forming A, B, C) Sn-2Bi(lead forming A) Sn-5Bi(lead forming B) Sn-6Bi(lead forming A) Sn-3.5Ag(lead forming C) Au/Pd/Ni(lead forming C)
	Aluminum electrolytic capacitors φ8×H10	Sn-5Pb Sn-3Bi/Sn
	Metal film chip resistor 5×5.6×12.5	Sn-10Pb Sn-3Bi/Sn

QFP120pin lead forming type



Table 2 Test condition

Soldering method	Solder	Components
Reflow Peak temp 240°C	・Sn-37Pb ・Sn-3.5Ag-0.5Cu flux:RA type	SMD of Table1
Flow Soldering temp 260°C	・Sn-37Pb ・Sn-3.5Ag flux:RA type	THD of Table1
Spot reflow Peak temp 240°C	・Sn-37Pb ・Sn-3.5Ag-0.5Cu flux:RA type	THD of Table1
Iron Iron temp 380°C	・Sn-37Pb ・Sn-3.5Ag-0.5Cu flux:JIS B grade	THD of Table1

*(社)エレクトロニクス実装学会の了解を得て、第14回エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集より一部加筆して転載

3. 実験結果と考察

リフトオフは、Sn-3.5Agはんだを用いたフローはんだ付とSn-3.5Ag-0.5Cuはんだを用いたスポットリフトオフおよびコテはんだ付において発生した。

その結果をTable 3に示す。Sn-3.5Agはんだを用いたフローはんだ付では、Sn-Pb系めっきの場合にリフトオフの発生が著しく、Sn-Bi系単層めっきの場合はBiが3wt%以上で発生した。Sn-3.5Ag-0.5Cuはんだの場合もはんだ付工法は違うもののほぼ前述と同じ組合せでリフトオフが発生した。一方、コテはんだ付ではリフトオフ発生頻度は低いもののランドと基材間の剥離が多数発生した。

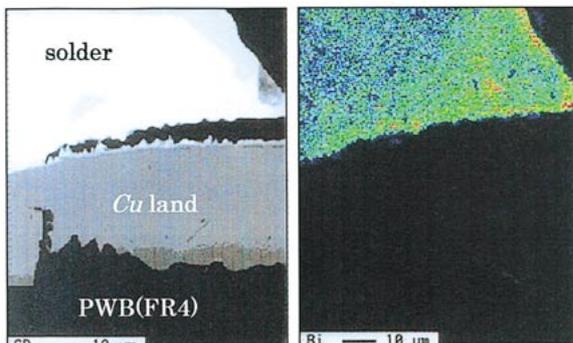
Fig.1にSn-3.5AgはんだとSn-3Biめっきの組合せで発生したリフトオフ品の元素分析結果を示す。リフトオフ部周辺にBiの濃化が認められた。Sn-6Biめっき品も同様の分析結果が得られており、一般的に報告されている元素の濃化²⁾も原因であると考えられる。

次に温度サイクル試験結果の代表としてリード形状BのQFP断面はんだクラック率の結果をFig.2に示す。

Table 3 Results of Lift-off test

(number of generation / number of test)

Solder		Sn-3.5Ag	Sn-3.5Ag-0.5Cu	
Soldering method		Flow	Iron	Spot reflow
SDIP -IC	Sn-10Pb plating	78/90	2/116	43/210
	Sn-2Bi	0/210	0/57	0/150
	Sn-3Bi	3/990	-	0/90
	Sn-6Bi	2/240	-	-
	Sn-3.5Ag	0/480	0/74	0/150
Lead wire	Sn-5Pb	45/60	1/57	40/60
	Sn-5Bi/Sn	0/100	0/53	0/100
	Sn-5Bi	10/80	0/8	10/80



SEM Bi distribution image

Fig.1 SEM Micrographs and Bi distribution images by EPMA

いずれの組合せにおいてもリード材質がCuの場合の断面はんだクラック率は、Sn-37PbはんだとSn-Pbめっきの組合せ(以下; 現行)と同等レベルであった。

リード材質が42アロイの場合は、Sn-37PbはんだとSn-5Biめっきの組合せにおいて、現行より高いはんだクラック率となった。これは、Sn-Pb-Bi共存の悪影響によるもの³⁾と考えられる。

これに対しリード形状AのQFPでは、42アロイリードで且つSn-6Biめっきであっても現行とさほど変わらない結果が得られた。

そこで、FEM弾塑性2次元解析によるはんだ接合部の塑性歪みと断面はんだクラック率(バラツキを考慮し、X+3の値で表示)の相関を整理した結果をFig.3に示す。

同じ42アロイリードでリード形状AとBを比較するとBの方が高塑性歪みとなり断面はんだクラック率も高くなるのが分かる。これはB形状では、リードの曲げ角度が小さく、リード材が42アロイのような硬い材料であるとパッケージと基板との間で発生する歪みを緩和しきれないためと考えられる。

一方、Sn-5~6Biめっきでは、Sn-10Pbめっきと比べ塑性歪みの影響を受けやすく、高歪み側にあるリード形状BのQFPで顕著な差が生じたものと考えられる。

今回は、28mm, 0.8mmピッチのQFPで評価したが、より高歪みを誘発するパッケージ(例えばTSOP)では、更に断面はんだクラック率が悪化するものと考えられる。

なお、QFP以外のPbフリー端子めっき部品の断面はんだクラック率は、現行と同等レベル以下であった。

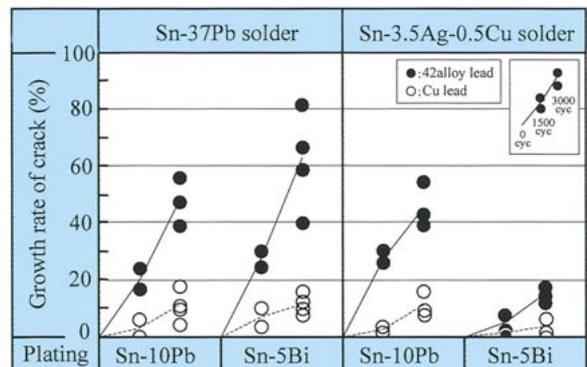


Fig.2 Results of thermal fatigue test (QFP lead forming B type)

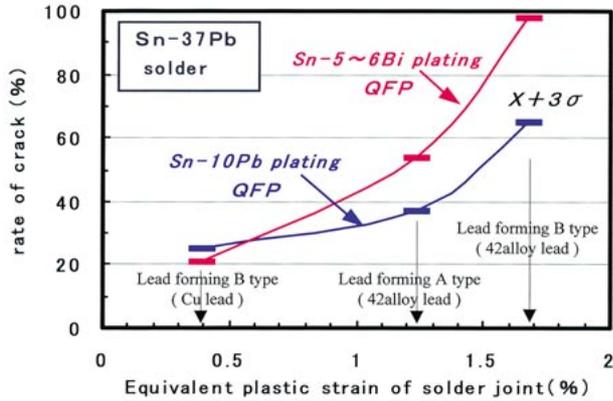


Fig.3 Relationship between plastic strain and crack

4. 結言

Pbフリー化の過渡期においては、使用する接合はんだと部品端子めっきの組合せによりリフトオフや熱疲労寿命への信頼性低下が懸念される。本研究では、これらの影響を調査し以下のことを明らかにした。

- (1) フロー、スポットリフローで用いたTHDでは、ほぼ同レベルのリフトオフが発生した。
- (2) リフトオフが比較的発生しにくいSn-3.5Agはんだでも、Sn-Bi系めっきのBi量が3wt%近辺にリフトオフ発生の境界がある。
- (3) Sn-37PbはんだとSn-5~6BiめっきQFPの組合せにおいて、はんだ接合部に発生する塑性歪みが高くなるようなパッケージを用いると断面はんだクラック率が悪化した。はんだクラック率に寄与する要因は、リード形状と材質であり、特にリード材質が42アロイ材の場合は塑性歪みを誘発し、はんだクラック率を悪化させる。

<参考文献>

- 1) 須賀唯知：6回表面実装技術フォーラム1998
- 2) 菅沼克昭：8回環境対応実装技術フォーラム1998
- 3) 曾我太佐男 他：Mate '98, Jan. 29-30 (1998), pp. 279-284 「Pbフリーはんだ用メタライズの評価」

<著者>



神谷 潔
(かみや きよし)

電子製造部
電子製品の実装技術開発に従事



園部 俊夫
(そのべ としお)

電子製造部
電子製品の実装技術開発に従事



三治 真佐樹
(さんじ まさき)

生産技術開発部
電子・電装品のはんだ付技術開発に従事



潮 憲樹
(うしお のりき)

松下電子部品(株)環境保護推進グループ
地球にやさしい商品づくりとものづくりに関する技術開発と管理に従事



坂口 茂樹
(さかぐち しげき)

松下電器産業(株)半導体社 生産技術センター、パッケージ開発グループ
半導体デバイスの環境対応技術を中心とした要素技術開発に従事