

# 半導体パッケージ端子メッキの鉛フリー化

瀬良 和彦

村木 真治

電子機器メーカーにおいて地球環境負荷対策の一貫として電子機器の鉛フリー化が提唱されている。また、欧州等で鉛を規制する動きもみられ、鉛フリー化の検討・開発が進められている。

電子機器の構成部品である電子部品の鉛フリー化もJEITA（Japan Electronics and Information Technology Industries Association）、および各部品メーカーにおいて開発が進められており、一部で商品に採用されようとしている。

沖電気においても電子機器の鉛フリー化に取り組み、半導体部門で進めてきたICパッケージ端子の鉛フリー化については、量産対応が可能な開発が完了し、2001年度から、一部の製品で量産供給を開始する。

## 鉛フリー化動向

一般的に電気・電子機器のプリント回路板は錫と鉛の合金によるはんだ付けによって電子部品が接合されている。不要となったプリント回路板の一部は回収されるが多くのプリント回路板は粉碎され、特定産業廃棄物として埋め立てられている。埋め立てられたプリント回路板からは酸性雨などによって鉛が溶出し、地下水や河川を汚染する。汚染された地下水が飲用水として人体に入り人間の中枢神経に影響を及ぼすこと、特に、子供の成長障害や知能指数低下をもたらすことが報告されている。このような背景から鉛を規制しようとする意識が高まっている。

日本においては、廃掃法（廃棄物の処理および清掃に関する法律）で産業廃棄物の溶出試験による鉛検出量が0.3mg/L以上の場合は管理処分場での処分が義務付けられたほか水質汚濁防止法で特定施設からの鉛排出基準が0.01mg/Lに強化された。また、家電リサイクル法施行により、廃棄製品からの有害物質の除去・取り外しが必須な状況になってきている。EUにおいては、地下水中の鉛含有量規制値が0.025mg/Lに強化され、2006年から鉛の使用を禁止する規制案が各国に向けて提示された。米国

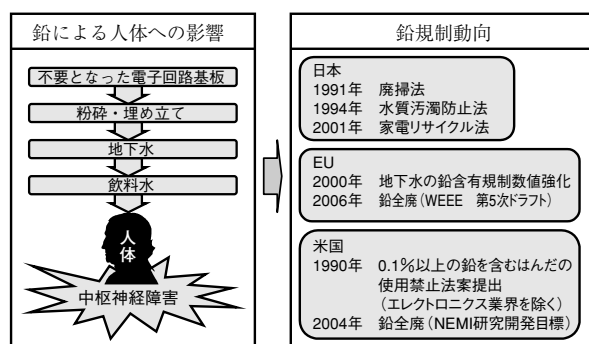


図1 鉛の影響と鉛の規制動向

ではエレクトロニクス業界を除き0.1%以上の鉛を含むはんだの使用を禁止する法案が出されており、エレクトロニクス業界については2004年までに鉛製品全廃を目標に研究開発が開始されている。鉛の影響と鉛の規制動向を図1に示す。このような状況の中で通産省主導による各種プロジェクトが発足し、一部製品については実用化が始まっており、法規制の成立いかんに関わらず鉛フリー実装へ着実に向かっている。よってプリント配線板に実装されるICパッケージにも鉛フリー化が要求されている。

## 鉛フリー端子メッキ技術開発

リードフレームを使用したICパッケージにおける鉛フリー実装とは、基板実装時のはんだと、ICパッケージにおいて基板接続信頼性を確保するために施されている端子メッキを鉛フリー化することである（図2）。鉛フリーはんだとしてはSn-Ag-Cu系またはSn-Ag-Bi-Cu系の材料が提案されており、このはんだ使用を前提として鉛フリー端子メッキを開発する必要がある。鉛フリー端子メッキ材料への要求特性として以下の項目が考えられる。

- ① リード加工によるクラック（メッキ表面の亀裂）の発生しないこと。
- ② 鉛フリーはんだとの、ぬれ性を確保すること。
- ③ 鉛フリーはんだによる接合において、長期の接続信頼

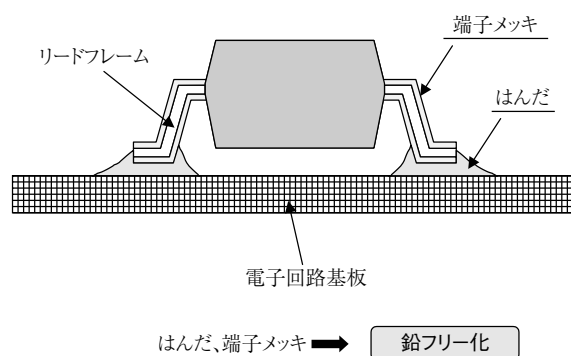


図2 鉛フリー実装とは

性を有すること。

- ④部品単体で長期保存した場合でもウィスカ（針状の結晶）の発生がないこと。
- ⑤鉛フリー化によるコストアップが少ないこと。

現在一般的に使用されているSn-Pbメッキは錫と鉛の合金である。これに対し鉛フリー端子メッキとしては、錫をベースとし、鉛の代わりにAg（銀）、Cu（銅）、Bi（ビスマス）などの金属を少量添加したメッキ、もしくはSn（錫）のみのメッキ、Pd（パラジウム）が考えられる。

しかし、Sn-Agについては高価でメッキ液が不安定なこと、Sn-CuやSnメッキについては融点が高くなるためぬれ性が劣ることおよびウィスカの抑制が困難なこと、Pdメッキについては高価で42アロイ材（鉄-ニッケル合金）に適用できない、などの問題点が考えられる。そこで我々は鉛フリー端子メッキ候補材としてSn-Biを選定し開発を行った。

### 鉛フリー端子メッキ評価結果

開発されたSn-Bi端子メッキについて、前述の要求項目への適合度を評価した。以下にその評価結果を述べる。

#### (1) リード加工時のクラック

リードフレームを使用したICパッケージでは所望の端子形状を得るために端子メッキ後に曲げ加工を行う。Sn-Bi端子メッキはSn-Pbメッキと比較すると硬くて脆い材料であるため端子の曲げ加工時にクラックが発生する可能性がある。このため曲げによるストレスが一番大きい曲げ半径0.2mm、曲げ角度82°の製品で加工におけるメッキ面のクラック確認を行い問題ないことを確認した。Sn-Pbメッキの曲げ部分におけるメッキ面観察写真を写真1に、Sn-Bi端子メッキ面観察写真を写真2に示す。

#### (2) ぬれ性

Sn-Bi端子メッキはSn-Pbメッキと比較すると融点が高いため従来のSn-Pbメッキと同一条件下ではぬれ性が劣

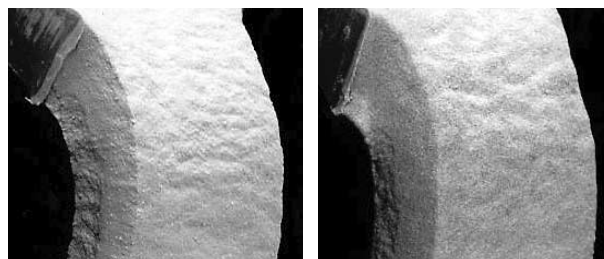


写真1 Sn-Pbメッキ表面

写真2 Sn-Biメッキ表面

化する。これは鉛フリーはんだについても同様のため一般的にははんだがぬれるように実装条件を鉛フリー用に変更する。この場合に端子メッキにはんだがぬれることを確認する必要がある。

ぬれ性試験はJEITAで規定された試験方法ET-7401（平衡法による表面実装部品のはんだ付け性試験方法）およびET-7404（ソルダペースト（はんだの粉末とフラックスの混合物）を用いた表面実装部品のはんだ付け性試験方法）を用い、前処理として105℃、100%、1.2気圧の条件下で4時間放置後の試料で、ぬれ時間を表す指標であるゼロクロスタイムを評価した。はんだの評価水準としては一般的に使用されると思われる鉛フリーはんだ材および過渡的に鉛はんだが使用される場合を想定し、鉛フリー外装メッキとSn-Pbはんだの組み合わせも水準とした。ET-7401による評価水準を表1に、結果を図3に示す。

一般的な要求値であるゼロクロスタイム3秒以下という基準に対しては245℃でも満足することができる。水準1[端子メッキSn-PbとSn-Pbはんだ]と同等のぬれ性を確

表1 ET-7401による評価水準

| 水準 | 端子メッキ | はんだ                | フラックス  |
|----|-------|--------------------|--------|
| 1  | Sn-Pb | Sn-Pb              | 非活性タイプ |
| 2  | Sn-Bi | Sn-Pb              | 非活性タイプ |
| 3  | Sn-Bi | Sn-2.5Ag-1Bi-0.5Cu | 非活性タイプ |
| 4  | Sn-Bi | Sn-0.7Cu-Ni        | 活性タイプ  |
| 5  | Sn-Bi | Sn-3.0Ag-0.5Cu     | 非活性タイプ |

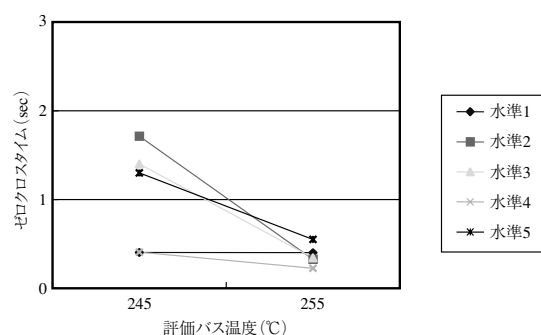


図3 ET-7401によるぬれ性評価結果

表2 ET-7404による評価水準

| 水準 | 端子メッキ | はんだ                |
|----|-------|--------------------|
| 1  | Sn-Pb | Sn-Pb              |
| 2  | Sn-Bi | Sn-Pb              |
| 3  | Sn-Bi | Sn-2.5Ag-1Bi-0.5Cu |
| 4  | Sn-Bi | Sn-3.0Ag-0.5Cu     |

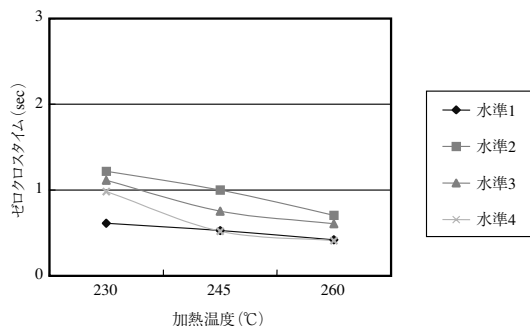


図4 ET-7404によるぬれ性評価結果

保するためには255℃以上の温度が必要であるが活性タイプのフラックスを使用することで245℃でも同等のぬれ性を確保することが可能になる。また、水準2[端子メッキSn-BiとSn-Pbはんだ]は水準1と比較すると245℃でぬれ時間が長くなっており、水準1と同一基板実装条件で問題がないか確認する必要がある。

ET-7404による評価水準を表2に、結果を図4に示す。一般的な要求値であるゼロクロスタイム3秒以下という基準に対しては230℃でも満足することができる。230℃以上の温度であれば水準1と同等のぬれ性を確保できる。

### (3) 基板接続信頼性

Sn-Bi端子メッキはSn-Pbメッキと比較すると硬くて脆い材料であるためはんだ材料によっては基板実装後の接続信頼性が劣化する可能性がある。このため基板接合部の温度サイクルによる強度劣化の評価を行った。試験方法についてはJEITA鉛フリープロジェクトでの接合強度試験方法と同様の方法を用いた<sup>1)</sup>。前処理として105℃、100%、1.2気圧の条件下で4時間放置後の試料を用い、プリント配線板はFR-4、1.6t、4層、リードフレーム素材2種類(42アロイ、Cuアロイ)、基板実装条件としてリフローピーク温度240℃での評価を行った。評価水準を表3

表3 接合強度評価水準

| 水準 | 端子メッキ | はんだ                |
|----|-------|--------------------|
| 1  | Sn-Pb | Sn-Pb              |
| 2  | Sn-Bi | Sn-Pb              |
| 3  | Sn-Bi | Sn-2.5Ag-1Bi-0.5Cu |
| 4  | Sn-Bi | Sn-3.0Ag-0.5Cu     |

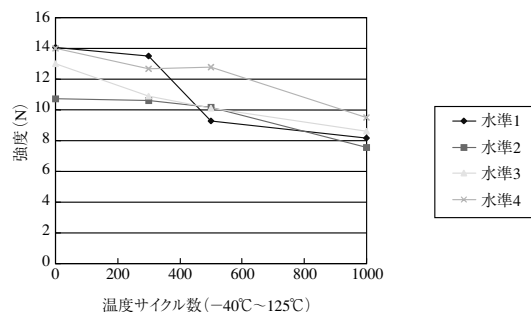


図5 接合強度評価結果(42アロイ)

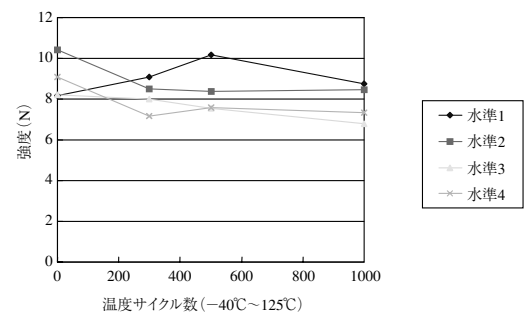


図6 接合強度評価結果(Cuアロイ)

に、試験結果を図5、6に示す。フレーム素材が42アロイの場合はCuアロイと比較するとプリント配線板とフレーム素材の熱膨張係数の差または素材強度の影響により接合強度劣化が大きい傾向が見られるがフレーム素材によらずリフローピーク温度240℃でもSn-Pbメッキ、Sn-Pbはんだと同等の接続信頼性を確保することができる。

### (4) 耐ウィスカ性

ウィスカは応力が蓄積された皮膜に湿度が加わることでによりSnが酸化し発生すると考えられる<sup>2)</sup>。Sn-Bi端子メッキはSn-Pbメッキと比較するとSnの比率が高くなるためウィスカの発生確率が高くなる恐れがあるので評価を行った。試験条件としては85℃85%の耐湿試験により評価を行った。パラメータとして端子メッキ、メッキ工程における電流密度(これによってメッキ皮膜の応力が変化することが考えられる)、リフローはんだ付けの熱履歴を対象とした。評価水準を表4に、評価結果を表5に示す。

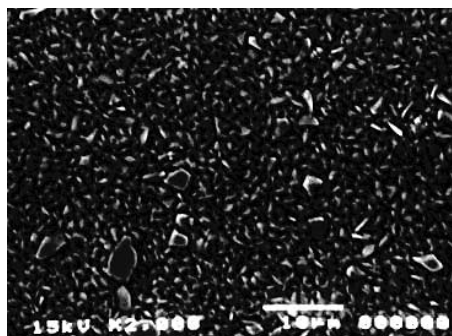
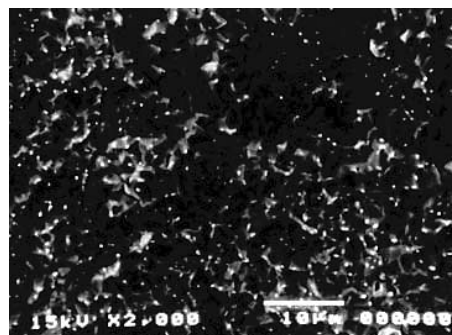
一般的な要求値である500時間以内に発生なき事という基準はいずれの水準でも満足できる。基準値以上で発生したウィスカは端子メッキによらず熱履歴のない電流密度の高いメッキ条件でメッキした水準である。これは電流密度が高い場合にはSnの析出粒子が大きくなり、メッキ内部の残留応力が大きいためと考えられる。写真3に電

表4 ウィスカ評価水準

| 水準 | 端子メッキ | 電流密度                   | 熱履歴 |
|----|-------|------------------------|-----|
| 1  | Sn-Pb | 3~5A/dm <sup>2</sup>   | なし  |
| 2  | Sn-Pb | 3~5A/dm <sup>2</sup>   | 有り  |
| 3  | Sn-Pb | 15~20A/dm <sup>2</sup> | なし  |
| 4  | Sn-Pb | 15~20A/dm <sup>2</sup> | 有り  |
| 5  | Sn-Bi | 3~5A/dm <sup>2</sup>   | なし  |
| 6  | Sn-Bi | 3~5A/dm <sup>2</sup>   | 有り  |
| 7  | Sn-Bi | 15~20A/dm <sup>2</sup> | なし  |
| 8  | Sn-Bi | 15~20A/dm <sup>2</sup> | 有り  |

表5 ウィスカ評価結果（発生率）

| 水準 | 試験時間 (Hour) |     |     |     |     |      |
|----|-------------|-----|-----|-----|-----|------|
|    | 100         | 300 | 500 | 700 | 900 | 1000 |
| 1  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 2  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 3  | 0           | 0   | 0   | 0   | 7%  | 7%   |
| 4  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 5  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 6  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 7  | 0           | 0   | 0   | 0   | 20% | 20%  |
| 8  | 0           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |

写真3 メッキ表面写真（電流密度3～5 A/dm<sup>2</sup>）写真4 メッキ表面写真（電流密度5～20 A/dm<sup>2</sup>）

流密度3～5A/dm<sup>2</sup>のメッキ表面写真を、写真4に電流密度15～20A/dm<sup>2</sup>のメッキ表面写真を示す。また、リフローはんだ付けの熱履歴をかけた水準ではウィスカの発生が

ないのは熱により端子メッキが溶融し、Snの内部応力が緩和されたためと考えられる。

## あ と が き

Sn-Bi端子メッキは加工時のクラック、耐ウィスカ性についてはSn-Pb端子メッキと同等の信頼性を有し、適正な実装条件であればぬれ性、基板接続信頼性についてもSn-Pb端子メッキと同等の信頼性を有することが確認できた。よってSn-Ag-Cu系またはSn-Ag-Bi-Cu系鉛フリーはんだとの組み合わせにおいてはSn-Bi端子メッキで鉛フリー化が可能である。

今後、鉛フリー外装メッキはSn-Biを採用し製品展開をしていく予定である。 ◆◆

## 参考文献

- 1) Report on Lead-Free Surface Finish of Semiconductor Terminals , <http://tsc.jeita.or.jp/EDS/DATA/pbfree.pdf>
- 2) 中村, 相庭, 阿部, 遠藤, 中川: 鉛フリーハンダ対応部品, 電子材料, 4月号, p.72, 2000年

## 筆者紹介

瀬良和彦: Kazuhiko Sera.シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 パッケージ開発部  
村木真治: Shinji Muraki.シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 パッケージ開発部