

鉛フリーはんだ基板実装における信頼性試験

中嶋 龍一

環境への関心が世界的に高まっている中、電子部品／電子製品の鉛フリー化への取り組みが、半導体業界および電子機器業界で広まりつつあります。鉛フリーはんだ接合部には、従来の鉛入りはんだと同等以上の信頼性が要求されています。一方、高密度実装化に伴い接合部の微細化がますます進み、接合信頼性の確保がさらに難しくなっています。私たちは鉛フリー実装評価をノウハウ等も含めて行っています。

OEGにおける鉛フリー評価の強み

平成15年6月20日にJIS Z 3198-1~7が制定されましたが、私たちは接合強度評価において大阪大学様のもと評価方法の規格化に協力し、最適な治具・試験方法で、ばらつきが少ない方法で測定するノウハウを持っています。また基板作製⇒実装⇒各種試験⇒各種測定・分析を一貫して対応することができます。

弊社が規格化に協力した試験方法

- JIS Z 3198-5:はんだ継ぎ手の引張りおよびせん断試験方法
- JIS Z 3198-6:QFPリードのはんだ継ぎ手45度プル試験方法
- JIS Z 3198-7:チップ部品のはんだ継ぎ手せん断試験方法

鉛フリーはんだ評価の紹介

(1) はんだぬれ性評価

図1はぬれ曲線の概略図で、ぬれ時間、ぬれ力測定を定量的に把握し、はんだはじきや、はんだ食われなどは実体顕微鏡にて観察します（平衡法、小球法、ペースト法にて対応）。

図2および図3はQFP（Quad Flat Package）リード端子の良品・不良品を比較したもので、不良品の場合、リード端子先端部のぬれが悪くぬれ時間が長くなっています。これは先端部のリードカッティング方法、または長期保存による酸化が原因と考えられます。

(2) 接合強度評価

接合強度評価でのリード端子強度測定においてはJIS評

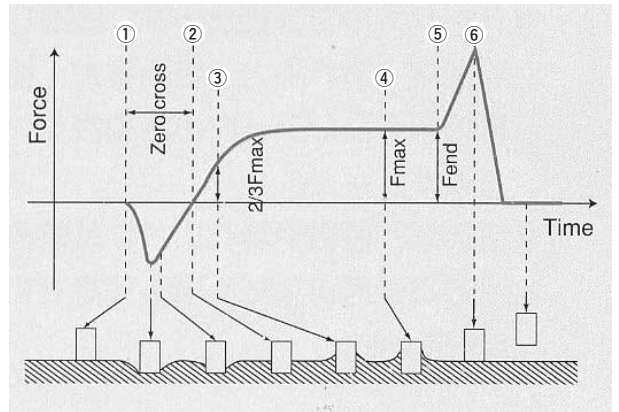


図1 ぬれ曲線の概略図

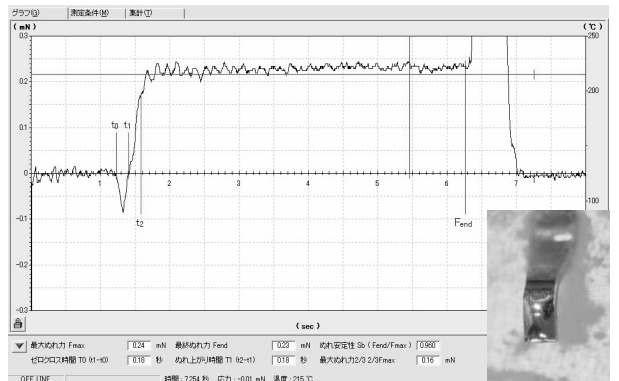


図2 ぬれ曲線（良品）

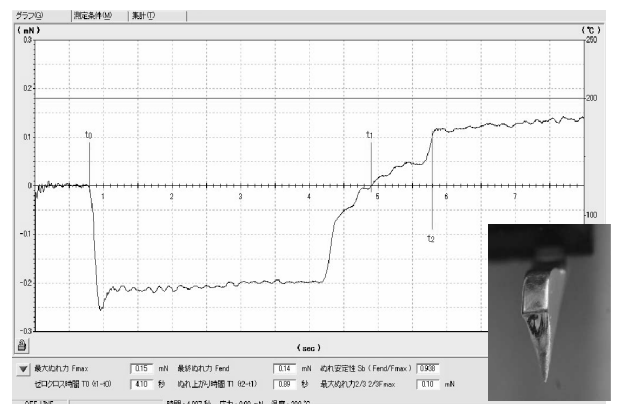


図3 ぬれ曲線（不良品）

価方法の規格化に協力し、最適な治具・試験方法で測定可能です（写真1、写真2）。その他ではパッケージシエア強度測定、ボール引張り強度測定も行います。また、繰り返し曲げ試験や落下試験などデバイスメーカー様からの依頼にも対応できるよう基板作製、実装も行います。

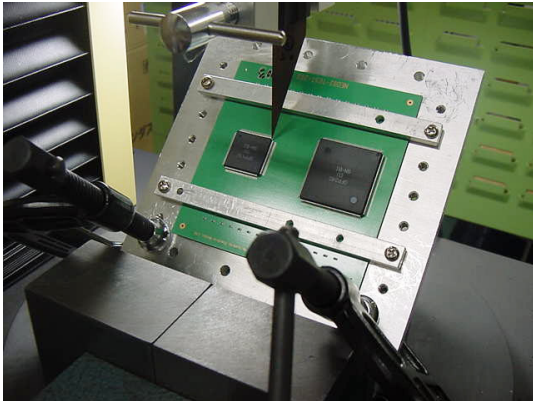


写真1 JIS Z 3198-6 鉛フリーはんだ試験方法
QFPリードのはんだ継手45度プル試験方法



写真2 JIS Z 3198-7 鉛フリーはんだ試験方法
チップ部品のはんだ継手せん断試験方法

(3) 環境評価

高温、低温、温度サイクル試験を行い、熱疲労によるはんだの劣化を観察します。また、ホイスカ確認試験を行うため恒温恒湿試験を行い、ホイスカの発生を走査型電子顕微鏡（SEM）にて観察します。

(4) 耐熱評価

耐熱評価での課題は、鉛フリー製品の接合で必要となるリフロー温度が高い（最大値は260℃）ことです。これは、ボードに搭載される部品の全てが、鉛フリー・はんだの融点にさらされることでプラスチック製パッケージの場合、その大部分はJEDEC（Joint Electron Device Engineering Council）が規定する耐湿性レベル1および2

において、こうした制約を満たすのは困難です。また、SOP（Small Outline Package）、TSSOP（Thin Shrink Small-Outline Package）などの小型パッケージが接合部の損傷、ポップコーン・クラック、反りなどの不具合現象を発生しています。これらの現象を確認するため耐熱評価としてリフローを行い、断面観察や超音波探査装置（SAT）で剥離を観察します（写真3）。

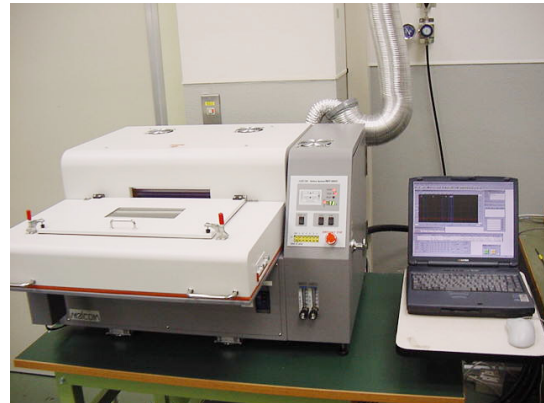


写真3 静止型リフロー装置（RDT-250）

デバイスの超音波探査を行う場合は下記のように観察箇所を選定し、部品内部の剥離や亀裂の有無を観察します。また、観察した箇所は画像処理し、解りやすい報告をいたします（図4、図5）。

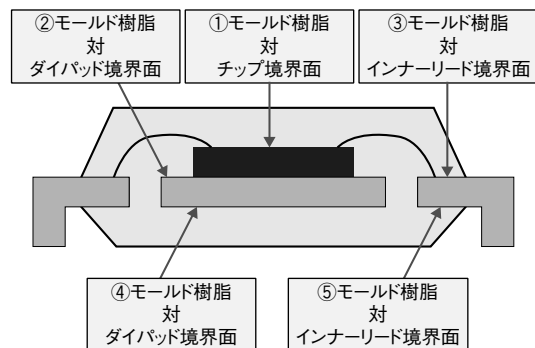


図4 デバイスの観察箇所

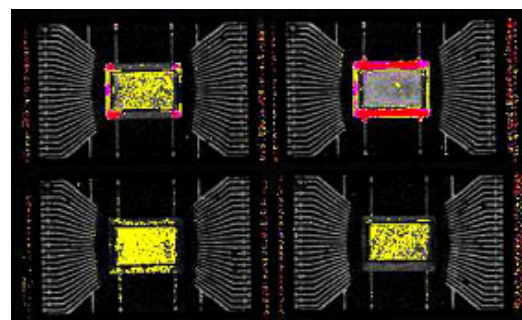


図5 超音波探査 観察状態

鉛フリー評価の現状と課題

これまでは鉛フリーにおける実装製品の実績が少なかったため、共晶はんだにおける実装製品との比較評価により判定基準を設けて評価を行ってきました。しかし、今後は鉛フリーにおける実装化が進むにつれて、当初から鉛フリー実装用に設計した製品が出回り、共晶はんだにおける実装製品との比較が困難になってきます。また、部品および基板は各種メッキが施されており、それらの相関も検証する必要があります。そこで、鉛フリーにおける実装製品の接合強度の判定基準（絶対評価）が必要となってきます。

鉛フリー評価の実績データ

(1) はんだ／リードめっきによる差異

図6に0.5mmピッチQFPにおけるはんだ材料とめっき材料の違いによる接合強度試験を行った結果を示します。結果より、はんだ材料、めっき材料により強度に差があることがわかります。

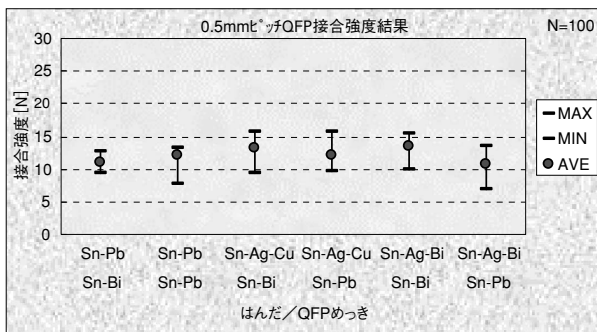


図6 はんだ／リードめっきによる差異

(2) ツール高さによる差異

図7、図8に1608タイプのチップ部品におけるツール高さの違いによる接合強度試験を行った結果を示します。その結果、歪み速度：5mm/min、ツール高さ：50μmの測定結果がより高く、ばらつきの少ない結果となりました。したがって、弊社ではチップ部品の接合強度試験を行う場合は、歪み速度：5mm/min、ツール高さ：50μmを推奨します。

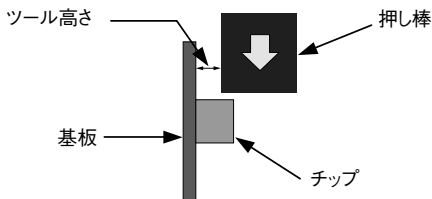


図7 ツール高さ

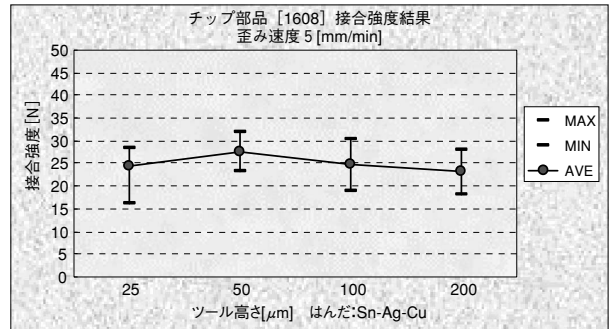


図8 ツール高さによる差異

(3) 温度サイクル試験による劣化傾向

0.5mmピッチQFPおよび1608タイプのチップ部品において、試験条件：-40℃↔125℃、各30分放置、1000サイクルを実施し、初期、500サイクル、1000サイクル時点において接合強度試験を行いました。その結果、接合強度が初期に比べ20%~30%の変化率で低下しました(図9、図10)。

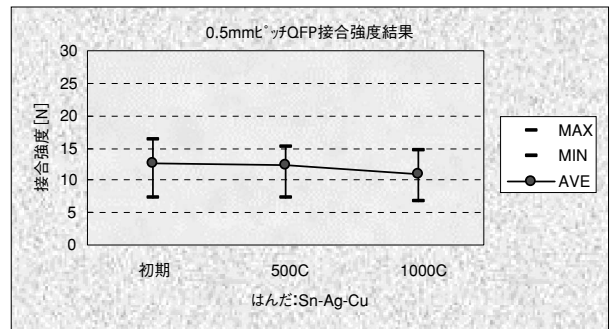


図9 温度サイクル試験結果 (0.5mmピッチQFP)

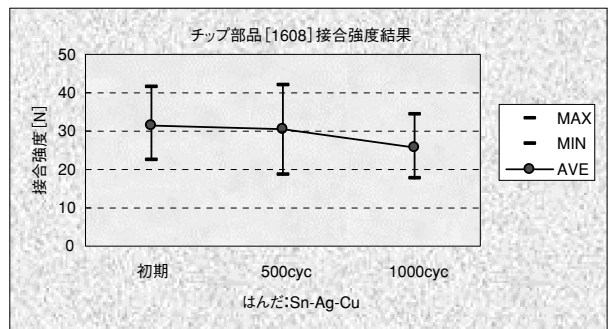


図10 温度サイクル試験結果 (1608チップ品)

(4) 強度低下の原因

Sn-Ag-Cuの鉛フリーはんだの接合界面は共晶はんだと同様に、SnとCuによる合金層が形成され、合金層の成長は高温状態での成長が著しく、温度サイクル試験を行うことによって膨張・収縮の歪みストレスも加わりはんだ

だ接合強度の低下に大きく影響します。また、鉛フリー化に伴い、実装時のはんだ選定、リフロー条件などによる不具合（ぬれ不足、ポイド、リフトオフ）がはんだ接合強度低下の原因となります（写真4、写真5、写真6）。



写真4 ポイド

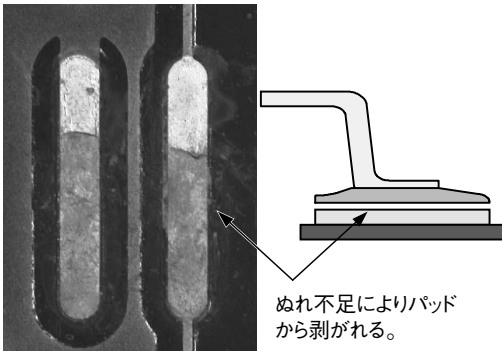


写真5 ぬれ不足

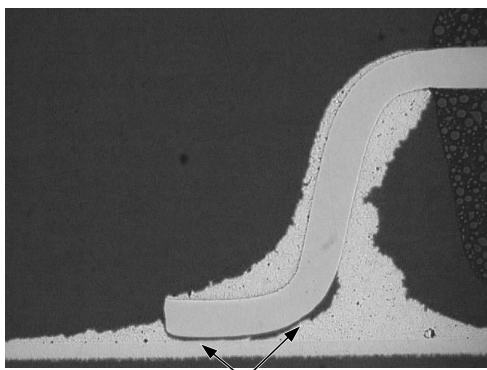


写真6 QFPのクラック（断面観察）

接合強度の判定基準（絶対評価）

弊社では実験データおよび実績データを集計し、表1および表2に示す鉛フリーにおける実装製品の接合強度の判定基準として提案しています。

表1 判定基準1

サンプルタイプ	初期 [N]以上	試験後 [N]以上
QFP (0.5mmピッチ)	7.5	6.5
QFP (0.65mmピッチ)	10.0	8.5
SOP (1.27mmピッチ)	20.0	18.0
チップ (1608タイプ)	16.0	14.0
チップ (2125タイプ)	50.0	42.0
DIPタイプ (フローはんだ)	ほぼ端子切れ	-----
DIPタイプ (手付けはんだ)	ほぼ端子切れ	-----

表1 判定基準1

サンプルタイプ	初期値に対する変化率
QFP	20 [%] 以上
SOP	20 [%] 以上
チップ	32.5 [%] 以上
DIPタイプ	20 [%] 以上

まとめ

鉛フリーはんだ接合評価は微小領域の強度測定を行っているため、誤った測定方法で行うとばらつきが大きくなり、鉛フリーと共晶はんだの強度差が判らなくなります。

弊社では次のことを守り試験を行っています。

- 強度試験を行う際は、同じ治具を使用する。
- 試料固定後の微小な調整（移動）は、X-Yステージを使用する。
- ツール高さなどの設定は、ステンレスゲージを補助具として使用する。
- 作業マニュアルを作成し、教育を充実させる。

判定基準を適用するには定められた方法で行うことが重要であり、今後もデータ収集し、お客様に提案していきたいと思っております。 ◆◆

● 筆者紹介

中嶋龍一：Ryuichi Nakajima. 沖エンジニアリング株式会社 信頼性技術事業部 実装技術グループ