

ボンディング強度 試験機

秋山 公司*

ボンディングテストは、ワイヤボンディングやワイヤレスボンディング、はんだ接合などの物理的破壊強度を測定するために開発された試験機である。本試験機は1台でプルテスト、シエアテスト、プッシュテスト、ピールテストを行うことができ、さまざまな試験方法に対応している。また、角度制御型シエアモード剥離法や低融点はんだを使用した加熱式BGAプルテストなど、当社独自の評価方法の提案も行っている。

開発背景と動向

1983（昭和58）年、熊本県の半導体製造メーカーから当社の技術力を評価され、開発第一号であるプルテスト「PTR-100型」の開発に取り組んだ。それまでは、拡大鏡を覗きながら手動でテンションゲージに金線を引っ掛け破断試験を行い、その結果をそれぞれ記録して統計計算するという手動による操作と計算であった。これをすべて自動化し、個人差をなくし安定した測定と統計処理ができることを目的として開発し、国産初の自動型ボンディング強度試験機として、国内で生産される半導体の品質向上に貢献した。

その後、測定精度、作業性向上のため、検出器の改良、ロケーション精度アップやXYZ軸移動操作の

ジョイスティックなどを装備した。また、2分力（2軸構造）の半導体センサを併せて開発し特許を取得した。これらが当社ボンディングテストの大きな特徴の一つとなり、その後ユーザーの要求をもとに改善改良し、現在に至るまで発展してきたのである。

1. PTR-100S型

第1号機プルテストをもとに、プルテスト、シエアテストを行うことのできる量産型総合試験機、ボンディングテスト「PTR-100S型」が開発され、半導体・エレクトロニクス先端分野を対象とした品質管理のための試験機・評価機器として販売された。

2. PTR-01型

さまざまな計測要求に対応するため、制御部分と計測部分を分離し、目的別に測定ヘッドが用意されたボンディングテスト「PTR-01型」が開発された。また、シエアテスト専用機やプルテスト専用機の製作も行われた。

狭ピッチやTABなどのサンプル間にフックが入らない場合を考慮し、サンプルを裏返しリードを押しで強度を確認するプッシュテストにも対応させた。

3. PTR-10型

試験方法が多岐にわたってきたため、既存のPTR-01型では測定ヘッドが多く必要となり、作業性向上を考え1台ですべての試験が行えるボンディングテスト「PTR-10型」が開発された。また、生産部門対応型としてコンパクトに設計されたプルテスト専用機「PTR-30」の製作も行われた。

4. PTR-1000型

高荷重測定を目的として、総合試験機ボンディングテスト「PTR-1000型」が開発された。

この頃、BGA/CSPの多ピン化による端子ピッチの狭小化に伴ない、はんだボールの接合強度を把握することが重要となり、当社は挟み込み式BGAプルテスト（特願平11-327295）や角度制御型シエアモード剥離法（特開2004-301813）などの各種試験方法を提案した。

また、溶融BGAプルテストについて、今までは加熱されたプローブを直接接合するという手法であっ

*Akiyama Koji
(株)レスカ 技術部 部長

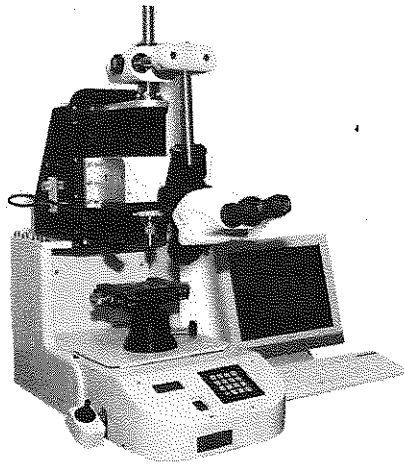


写真1 ポンディングテスト「PTR-1100型」外観

たが、この場合、はんだボールに熱履歴が残り、はんだボールとランドの界面にある合金層を成長させてしまうことが考えられ、より正確な値を得ることができないと推測されることから、低融点はんだを用いた加熱式BGAプルテストを提案した（特開2005-26594）。

5. PTR-1100型

研究部門をはじめとして品質保証部門へ販売層が広がったことによって、顧客要求が多種多様になり、作業性や耐久性の向上、高精度の品質が求められた。また、チップの軽薄化と同時に接合強度の高強度化に対し、測定機の剛性アップと、より高精度なタッチアップ機能が求められた。これらを踏まえて、現行型の総合試験機であるボンディングテスト「PTR-1100型」が開発された（写真1）。

現在は、電子部品などがますます微小化する時代に対応するため、日々改善に勤めている。

以下、ボンディングテストPTR-1100型について紹介する。

特徴と評価方法

1. 装置の特長

ボンディングテストPTR-1100型はワイヤボンディングされたパッケージの信頼性評価や表面実装基

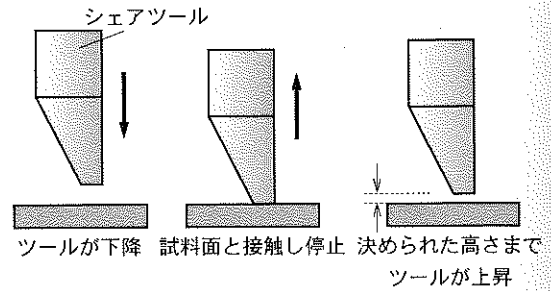


図1 自動タッチアップ機能

板のはんだ接合部の継手強度評価を目的として開発された試験機である。

本装置の特徴として、以下の項目が挙げられる。

- ・プル、プッシュ、ピール、シェアテストが1台でできる万能型試験機である。
- ・2分力（2軸構造）センサを使用している。
- ・シェアテストはタッチアップ機能（特許1682513号）付きで常に基板から指定した高さでの測定ができる（図1）。
- ・自動タッチアップ（ロケーション）の高さは0.1 μm 単位で設定可能である。
- ・顕微鏡は左右に移動しても測定サンプルが視野から外れないため、位置合わせや試験後のサンプルの状態を容易に観察することができる。
- ・加熱式BGAプルテストは直接溶着せず、低融点はんだを介し溶着させる。それにより界面への温度影響を抑えた測定が可能である。
- ・測定時の操作はジョイスティックだけで行えるため、視線を外さずに操作が行うことができる（X/Y/Z/ θ 各軸モータ制御）。
- ・パソコンを接続しなくても、本体側で条件設定、測定結果が表示できる。また、プリンタ出力も可能である。
- ・標準のホルダのほか、特殊形状のサンプルに合わせたワークホルダの製作を行っている。
- ・データ解析ソフトは一度に最大4種類の画面表示ができ、解析効率を向上させる。解析グラフでは変位-荷重グラフから、ワイヤ伸び率（ピールテスト時）や横弾性率（シェアテスト時）を求めることができる。

2. 各サンプルについての試験方法と評価

ワイヤボンディングのループ強度やはんだ接合の継手強度などの試験を行うことによって得られる物理強度数値は、耐久性評価のための目安となる。また、“日本製=高品質”という信頼性を維持するためには品質管理が重要となってくる。以上のことから、強度試験を行うことは大変重要な意味を持つと言える。

各サンプルに対する試験方法と評価について以下に項目を列挙する。

(1) ワイヤボンディング強度評価

・プルテスト (図2左)

ループ強度を評価する。ループにフックを引っ掛けて上方に持ち上げて試験を行う。

・ボールシェアテスト (図2中央)

1stボンディング部の接合強度を評価する。ボール・ウェッジ部に横から負荷を与えて試験を行う。

・ピールテスト (図2右)

2ndボンディング部の接合強度を評価する。ワイヤをつかんで上方に引っ張り、その速度に連動してステージを水平方向に移動させ、接合界面の引き剥がし試験を行う。

(2) パッケージなどその他の試験方法

・ブッシュテスト

サンプルを裏返しにし、リードを押して強度を確認する。狭ピッチでサンプル間にフックが入らない場合に有効。TCP (TAB) の評価を行う。

・ダイシェアテスト

ダイ部分に横方向から負荷を与え、破壊荷重およ

び破断面を確認する。チップ接合強度の評価を行う。

(3) はんだ付け実装基板

・傾斜プルテスト

QFP, SOPなどのフック式プルテスト。リード部分の溶接継手強度を評価する。フックをリードに引っ掛けて基板に対し45度方向に引っ張り測定を行う。

・シェアテスト

プリント配線板に実装された微小部品の溶接継手強度を評価する。横から負荷を与えて試験を行う。

・ピールテスト

リード部分の継手強度を評価する。パッケージ側を切断後、リードをつかんで真上に引っ張り、接合部の引き剥がし試験を行う。

・ランドプルテスト

プローブ先端にはんだを付け、ランドと接合させてプルテストを行う。プリント配線板の評価を行う。

・基板曲げ・SMD接合強度テスト

EIAJ ED-4702における試験方法に準拠し、SMDの実装後に受ける機械的ストレスへの耐性(基板曲げ性・固着性)評価を行う。

(4) BGAにおけるはんだボールの接合強度評価

・シェアテスト

ハンブ・ボールの強度を評価する。横から負荷を与えて試験を行う。最も簡易的な測定であるが、ランドが凹部に存在する場合は、正確な強度の評価を行っているとは言えない。

・角度制御型シェアモード剥離法¹⁾

シェアテスト時に基板を傾斜させることで、煎断方向と同時にプル方向へもベクトルを発生させ、界面からの破壊を誘発させ評価を行う。通常のシェアテストでは強度が不明確である場合に有効である。

従来のシェアテストでは、はんだが基板に残り、はんだと基板の接合強度測定として明確さに欠けていた。

当社が提案する「角度制御型シェアモード剥離法」は、BGAにおけるはんだボールの界面剥離強度評価方法の一つである。

テスト時のはんだボールに対する荷重点と方向に

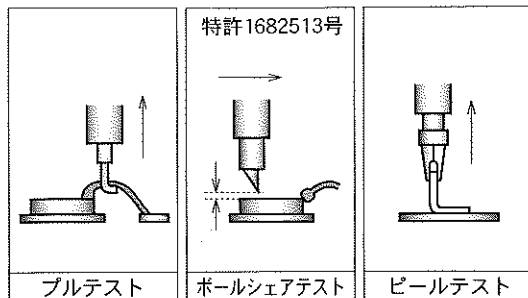


図2 ワイヤボンディング強度評価の試験模式図

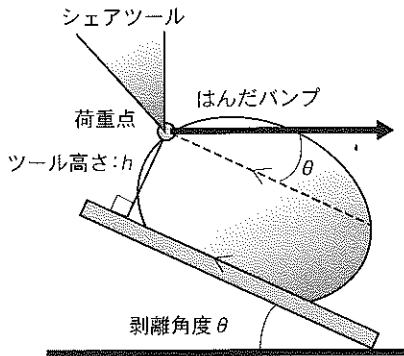


図3 角度制御型シアモード剥離法

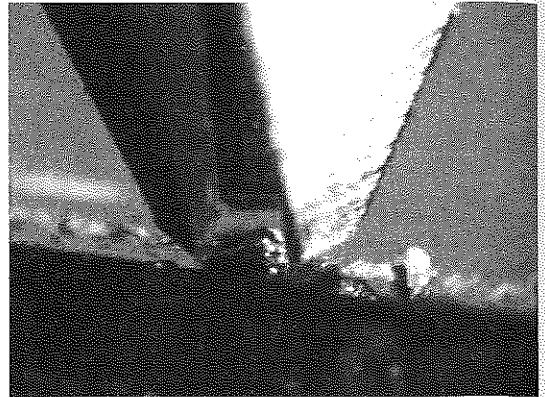


写真2 挟み込み式BGAプルテスト写真

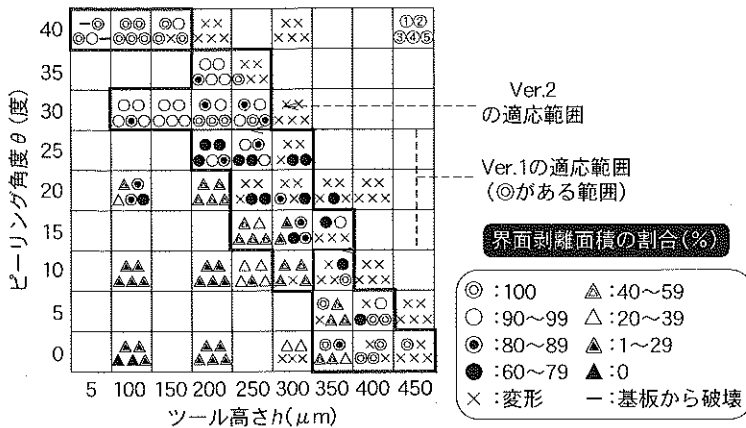


図4 界面剥離面積の分布

より剥離可能な分布が存在することに着目し、角度と高さをコントロールすることで確実な剥離を行い、測定する。

はんだボールが基板との接合界面から剥離するため、接合強度測定として有効である(図3)。

100%剥離をしないサンプルであっても、解析方法を確立することにより、広範囲な組成とサイズで評価が可能である。

傾斜の角度は任意であるが、確実に剥離させることのできる角度として、傾斜角度45°付近が最適であることが確認されている(図4)。

・挟み込み式プルテスト

はんだボールの強度を評価する。はんだボールを挟み込んだ状態でプルテストを行う。はんだボールを非加熱の状態で行うことができる(写真2)。

・低融点加熱式BGAプルテスト
はんだボールの強度を評価する。加熱したプローブで低融点はんだを熔融させ、はんだボールを包み込み、冷却してからプルテストを行う。低融点はんだを用いることにより、界面への熱影響を極力抑えての測定となる。

これからの評価について

日々小型化しているCSPやフリップチップのバンブのプルテストなどの要望が増えつつある。これらの要求に応えるため、挟み込み式BGAプルテストユニットを高性能化し、かつ先端把持機構をさらに小型化して商品化する必要がある。

ただしチップ部品やバンブの微小化に対し、物理的な把持・剪断などの強度試験を行うことが困難になってきている。今後、まったく異なる新しい評価方法を確立していく必要があることを強く感じており、その手法の開発・認知に専念していかなければならない。

(参考文献)

1) 河合, 大澤: 角度制御型シアモード剥離法 (2003)