衝撃曲げ試験による BGA はんだ接続部の信頼性評価

矢口 昭弘*, 山田 宗博**, 山本 健一**

Reliability Evaluation of Solder Joints in Ball-Grid-Array-Type Packages by Impact Bending Test

Akihiro YAGUCHI*, Munehiro YAMADA** and Kenichi YAMAMOTO**

*株式会社日立製作所機械研究所 (〒300-0013 茨城県土浦市神立町502)

**株式会社ルネサステクノロジ生産技術本部 (〒187-8588 東京都小平市上水本町5-20-1)

*Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd. (502 Kandatsu-machi, Tsuchiura-shi, Ibaraki 300-0013)

**LSI Manufacturing Technology Unit, Renesas Technology Corp. (5-20-1 Jyosuihoncho, Kodaira-shi, Tokyo 187-8588)

概要 落下衝撃と同程度の負荷を簡便かつ安定して与えられる衝撃信頼性評価方法を確立するため、ロッド落下方式の衝撃曲げによる BGA はんだ接続部の信頼性試験方法を検討した。実装基板に発生する第1波のひずみ最大値と立上り時間は、実装基板を固定するスパン、落下ロッド重量と落下高さで制御できる。本衝撃曲げ試験の基板ひずみ測定値のばらつきは、治具搭載落下試験より約1桁小さくなる。BGA はんだ接続部の断線寿命は、治具搭載落下試験と同様基板ひずみの減少とともに増加したことから、BGA はんだ接続部の信頼性を、衝撃曲げ試験の第1波のひずみで評価できる見通しが得られた。

Abstract

A method of testing the reliability of solder bump joints by impact bending was developed. The reliability of the solder bump joints can be evaluated from the maximum value of the initial surface strain in a printed wiring board (PWB) during the impact-bending test. It is possible to control the maximum value and the rising time of the surface strain by adjustment of the fixed distance of the PWB specimen, the weight of the falling rod, and the drop height of the rod. The life of the solder bump joints increases with decreasing the surface strain, and this relationship corresponds with the results by the fall impact test.

Key Words: Ball Grid Array, Solder Bump Joints, Impact Bending, Reliability, Surface Strain, PWB

1. 緒 言

携帯電話などの携帯情報機器では、機器の小型軽量化と多機能化に対応するため、搭載するマイコンやメモリなどの半導体パッケージに BGA (Ball Grid Array) タイプのパッケージが採用されている。携帯機器では、落下による衝撃負荷に対するはんだ接続部の信頼性保証が不可欠となっている。

はんだ接続部の耐衝撃信頼性は、実装基板に発生する基板ひずみを指標として、携帯電話そのもの^{1),2)}やパッケージ実装試験片の落下試験^{3)~5)}あるいは鋼球落下試験⁶⁾などによって評価されている。携帯機器を想定した評価では、耐久性評価として繰り返し落下試験が必要となる場合もある^{2),4)}。落下試験では、落下中の実装試験片の姿勢を一定にする機構を設けた装置での評価^{3),4)}も実施されているが、落下状態の安定性や再現性は、特に落下高さが高くなった場合には必ずしも十分ではない。したがって、BGA はんだ接続部の衝撃信頼性を、安定した状態で簡便に評価できる衝撃試験方法の確立が必要となっている。

本研究では、実機や実装基板試験片の落下と同程度の負

荷を安定して与えられる簡便な衝撃信頼性評価法の確立を目的に、ロッド落下によって衝撃的な曲げ変形を実装基板試験片に与え、はんだ接続部の信頼性を評価する方法を検討した⁷⁾。まず、衝撃曲げ試験装置を試作し、試験条件である落下ロッドの落下高さや重量、実装基板の固定間スパンと基板ひずみの関係を測定した。次いで、基板ひずみとはんだ接続部の断線寿命との相関性を検討し、断線寿命に及ぼす試験条件の影響を明らかにした。

2. 衝撃曲げ試験方法

基板実装した BGA はんだ接続部の耐衝撃信頼性評価のために試作した衝撃曲げ試験装置の構成を Fig. 1 に示す。本試験装置は、Fig. 1(a) に示すように実装基板試験片を設置して固定する可動ステージとクランプ、落下ロッドの固定および自由落下させるための電磁石、実装基板試験片に衝突した落下ロッドの再衝突を防止するための把持機構から構成されている。

CSP (Chip Scale Package) などのパッケージを搭載した実装基板を、Fig. 1(b) のようにパッケージ実装面を下向きにして可動ステージ上に設置し、基板の対向した2辺を Fig.

Fig. 1 Test system for impact bending

1(a)内に示したスパンをあけてクランプにより固定する。この基板の上方から、所定の高さに電磁石で保持していた落下ロッドを自由落下させてパッケージ実装部分の裏面に衝突させ、実装基板試験片に衝撃的な曲げ変形を与え、はんだ接続部の信頼性を評価する。本装置では、実装基板試験片に衝突した落下ロッドの再衝突を防止するため、センサに連動した落下ロッドの把持機構によって、一度衝突して跳ね返ったロッドを把持している。試験に使用したロッドは両端を球面加工した丸棒であり、試験対象物の剛性や基板を固定するスパンによって、直径と材質の構成を調整した重量の異なるロッドを選択する。

Fig. 2 Measurement points of surface strain

Fig. 3 Strain waves on surface of PWB

治具搭載落下試験⁴⁾と同様に、衝撃曲げ試験でも落下ロッドの衝突によって実装基板に発生するひずみを測定し、信頼性を評価する。パッケージ周辺実装基板上での最大ひずみ発生個所を確認するため、Fig. 2に○印で示すパッケージ実装面側のパッケージコーナ近傍と中央部分それぞれにひずみゲージを接着し、落下ロッドの衝突で実装基板に発生するひずみを測定した。ひずみ測定には、ストレージ機能を有するメモリレコーダを使用し、サンプリング周期を10 μ sに設定した。測定に用いた実装試験片のパッケージはFan-outタイプ(外形23 mm角, 352ピン)であり、実装基板(サイズ108 mm×55 mm×1.2 mm厚)の片面中央にパッケージを1個実装した。実装試験片の固定スパンは60 mmである。Fig. 2中に矢印で示した実装基板の長手方向に発生するひずみ波形の一例をFig. 3に示す。落下ロッドの衝突直後、実装基板には正弦半波状の大きなひずみが発生し、この後に発生するひずみの振幅は小さく、しだいに減衰する。基板ひずみの最大値は場所によって異なり、パッケージコーナ近傍に最も大きなひずみが発生する。Fig. 4は、1回の衝撃曲げ試験で複数のはんだ接続部が破壊した場合の基板ひずみ波形の例である。基板ひずみの立上り過程(Fig. 4中のa→b)ではんだ接続部が破壊したことによって、Fig. 3に示したような正弦半波状波形の最大値に達する前に急激な基板ひずみの減少が生じ(Fig. 4中のb→c)、波形に乱れが生じる。このことから、はんだ接続部は第1波のひずみで損傷を受けることがわかり、信頼性

Fig. 4 Strain wave of PWB failed at the first impact

Table 1. Compared with difference of measured strain of PWB

Test method	Number of measurement	Strain of PWB (%)			
		Mean	Max.	Min.	Standard deviation
Fall impact	18	0.20	0.27	0.15	0.035
Impact bending	20	0.20	0.21	0.20	0.003

評価にはパッケージコーナで測定した第1波の基板ひずみのピーク値を用いることにした。

次に、衝撃曲げ試験の安定性を検討するため、同じ試験条件下で基板ひずみを繰り返し測定し、測定値のばらつきを評価した。Table 1に基板ひずみが約0.2%となる条件での、衝撃曲げ試験と治具搭載落下試験を行った際の基板ひずみの測定値と標準偏差を示す。衝撃曲げ試験の標準偏差は治具落下試験より1桁小さく、試験の安定性が向上しているのがわかる。

3. 基板ひずみに及ぼす試験条件の影響

Fig. 1に示した衝撃曲げ試験では、試験条件として落下ロッドの重量と落下高さ、および実装基板試験片の固定間スパンを設定する。信頼性評価の対象となるパッケージや実装基板のサイズおよび構造は種々異なっているため、実装基板試験片ごとに適切な試験条件を設定することが必要となり、基板ひずみに及ぼす上記試験条件の影響を明確にしておく必要がある。また、はんだ接続部の信頼性評価では、はんだのひずみ速度が影響する⁸⁾。衝撃曲げ試験では、Fig. 3に示した正弦半波状波形のピーク値($\epsilon_{\max}$)と立上り時間(t_r)の比($\epsilon_{\max}/t_r$)がはんだのひずみ速度に対応する。そこで、基板ひずみのピーク値とその立上り時間の落下ロッドの落下高さと重量、および実装基板試験片を固定するスパン依存性を検討した。

まず、Fan-in&out タイプパッケージ（外形13mm角，240

ピン）を実装基板（サイズ101mm×52.5mm×1.27mm厚）に搭載した実装基板試験片を用い、各試験条件の基板ひずみと立上り時間への影響を検討した。

Fig. 5は、実装基板を固定間スパンを60mm、落下ロッド重量を0.74N(75g)一定とした条件で、ロッド落下高さを変えた場合の基板ひずみ波形である。なお、落下ロッドの落下高さは、Fig. 1(a)に併記したように電磁石に固定されていない側のロッド先端から実装基板試験片表面までの距離である。Fig. 5に示したように、正弦半波状の第1波の基板ひずみのピーク値は落下高さが高くなるとともに増加する。一方、第1波のひずみの立上り時間は、落下高さによらずほぼ一定でロッド落下高さには依存しない。

Fig. 6は、スパンを60mm、ロッド落下高さ70mmの条件で、落下ロッド重量0.49N(50g)と0.74N(75g)とで測定した基板ひずみ波形である。落下ロッド重量の増加とともに第1波のひずみピーク値は大きく、立上り時間は長くなっており、落下ロッドの重量は第1波のひずみの最大値と立上り時間の両方に影響する。

Fig. 5 Influence of fall height on strain waveform of PWB

Fig. 6 Influence of weight of falling rod on strain waveform of PWB

Fig. 7 Influence of fixed distance of specimen on strain waveform of PWB

Fig. 8 Influence of fixed distance of specimen of 108 pin fan-in&out type package on strain waveform of PWB

Fig. 7は、落下ロッド重量を0.74 N (75 g)、落下高さを300 mm一定とし、実装基板を固定間スパンを60 mmと90 mmに変えた場合の基板ひずみ波形である。スパンが広くなると第1波のひずみの立上り時間が長くなり、スパン90 mmの立上り時間は60 mmの約1.5倍となっている。第1波のひずみのピーク値は、同じ落下高さでもスパンが長くなると小さくなる。

Fig. 8は、Fig. 7とは外形サイズが異なるFan-in&outタイプパッケージ（外形22 mm×14 mm、108ピン）を0.8 mm厚の薄形実装基板に搭載した実装基板試験片を用い、落下ロッド重量を0.74 N (75 g)、落下高さを80 mm一定でスパンを変えて測定した基板ひずみ波形である。スパンが長くなると第1波のひずみの立上り時間が長くなるのはFig. 7の結果と同じであるが、第1波のひずみのピーク値はスパンが長くなるとともに若干増加しており、スパンと基板ひずみの関係がFig. 7の結果とは逆になっている。このように、スパンと基板ひずみの関係は、実装基板試験片の剛性によってその増減傾向が異なることが判明し、衝撃曲げ試験

でスパンを変えた評価を行う場合は、スパン変更による基板ひずみの増減に注意する必要がある。

以上述べたように、衝撃曲げ試験では、基板ひずみの最大値には主に落下ロッドの重量と落下高さが、ひずみの立上り時間には実装基板試験片の固定間スパンとロッド重量がそれぞれ影響する。これらを調整することによって、任意の基板ひずみを発生させることができ、携帯電話など実機の落下現象に近い基板ひずみを再現した評価が可能になる。

4. 基板ひずみと断線寿命の関係

4.1 衝撃曲げ試験における基板ひずみと断線寿命の関係

実装基板試験片を落下治具に搭載した治具搭載落下試験では、基板ひずみとはんだ接続部の断線寿命に相関があり、基板ひずみが小さくなると断線発生寿命が増加した⁴⁾。衝撃曲げ試験でもこれと同様の関係が得られることを確認するため、一定基板ひずみ下で繰り返し衝撃曲げ試験を行い、はんだ接続部の断線寿命を測定した。

試験に用いた実装基板試験片の搭載パッケージは前章と同じFan-in&outタイプパッケージ（外形13 mm角、240ピン）の試作品であり、実装基板も同一である。はんだボールと実装ペーストには、いずれもPbフリー材であるSn-3.0Ag-0.5Cuを用い、はんだボール直径は $\phi 0.4$ mmである。パッケージの基板への実装は最高温度約235°Cで行った。断線発生の判断は、パッケージと実装基板のはんだ接続部を直列に連結した回路（デジチェーン）の抵抗測定において、抵抗が初期抵抗の2倍以上になった時点とし、寿命を決定した。

断線寿命と基板ひずみの測定結果をFig. 9に示す。試験に用いた落下ロッドの重量は0.74 N (75 g)、実装基板の固定間スパンは60 mmである。基板ひずみはパッケージコーナの対角2か所に接着したひずみゲージで測定したひずみの

Fig. 9 Relationship between strain of PWB and cycles to failure of solder joints of 240 pin fan-in&out type packages

Fig. 10 Crack at the solder bump joints

平均値を用いた。はんだ接続部の断線寿命は、基板ひずみの減少とともに増加しており、両者には治具搭載落下試験結果⁴⁾と同様の相関が認められる。この結果から、衝撃曲げ試験においても、はんだ接続部の信頼性を実装基板に発生する基板ひずみを指標として評価可能であることが確認できた。

Fig. 10は、Fig. 9で評価した実装基板試験片で7回で断線が発生した試験片のはんだ接続部断面写真である。観察した試験片では、破壊はパッケージ側のはんだ接続部界面で発生しており、き裂は金属間化合物内を進展している⁹⁾。はんだ接続部の破壊は、別途実施した染色浸透探傷液による破壊個所の観察や断面観察により、実装基板側接続部でも同様に発生しているのを確認している。また、断線寿命が長い試験片でも破壊個所は同じであった。

4.2 治具搭載落下試験との相関性

実際の落下による衝撃信頼性評価の代替として衝撃曲げ試験を適用する可能性を検討するため、治具搭載落下試験と衝撃曲げ試験を行い、基板ひずみと断線寿命の関係を測定し、両者の相関性を検討した。

まず、Fan-outタイプパッケージ（外形23mm角、352ピン）試作品を実装基板（サイズ108mm×55mm×1.2mm厚）に搭載した実装基板試験片を評価した。はんだはボール材、実装ペースト材ともにSn-3.0Ag-0.5Cu、ボール径はφ0.5mmで、基板実装は最高温度約240℃で行った。衝撃曲げ試験の固定間スパンは90mmである。治具搭載落下試験には、実装基板の短辺側2辺のみをスパン90mmで固定する落下治具を用い、水平上向きの落下試験を行った⁴⁾。落下治具の重量は1.35N (138g)、落下治具が衝突する衝突面は厚さ50mmのコンクリートブロックとした。Fig. 11は衝撃曲げ試験と治具搭載落下試験それぞれの基板ひずみ波形である。評価ひずみには、衝撃曲げ試験は第1波の基板ひずみの最大値を、治具搭載落下試験では測定ひずみの最大値と最小値間の最大変動振幅を用いた。Fig. 12に両試験結果をまとめて示す。衝撃曲げ試験と治具搭載落下試験の結果は、ほぼ1本の線上にプロットすることができ、両者の基板ひずみと断線寿命の関係はほぼ一致している。

パッケージ構造の依存性を調べるため、Fan-in&outタイ

Fig. 11 Strain waves of PWB during fall impact test and impact bending test

Fig. 12 Influence of test method on life of solder joints of 352 pin fan-out type package

Fig. 13 Influence of test method on life of solder joints of 336 pin fan-in&out type package

プパッケージ（外形17mm角、336ピン）試作品の実装基板試験片で測定した結果をFig. 13に示す。実装基板サイズは102mm×52.5mm×1.2mm厚、はんだ材とボール径は上

記パッケージと同じで、基板実装は最高温度約235℃で行った。衝撃曲げ試験の固定間スパンは60 mmであり、治具搭載落下試験には、固定間スパン60 mm、重量0.98 N (100 g)の2辺固定落下治具を用いた。落下試験条件は前述の試験と同じである。本構造のパッケージにおいても、両者の試験結果はほぼ1本の線上にプロットでき、基板ひずみと断線寿命の関係はほぼ一致する。

このように衝撃曲げ試験の固定間スパンを落下治具のスパンと同一にすることで、治具搭載落下試験による評価結果とほぼ同じ基板ひずみと断線寿命の関係が得られることが明らかとなった。Fig. 12に示したFan-outタイプパッケージの基板ひずみ波形で、衝撃曲げ試験のひずみ最大値までの立上り時間は3.0 msであり、治具落下試験の基板ひずみの周期2.7 msとほぼ一致した。また、Fig. 13に示したFan-in&outタイプパッケージでも、衝撃曲げ試験の基板ひずみ立上り時間1.7 msに対して、治具落下試験の周期は1.5 msであり、両者はほぼ一致していた。したがって、衝撃曲げ試験の基板ひずみ立上り時間が、実際の落下試験で発生する基板ひずみ周期に一致する条件で試験を行えば、実用上落下試験と等価な信頼性評価が実施できると考える。

ところで、はんだ接続部分の変形挙動に注目すると、はんだ母材や接続界面の化合物層が変形する際のひずみ速度は、衝撃曲げではFig. 3に示した立上り時間 t_r に、治具落下試験は最大値と最小値間の時間（すなわち周期の1/2）にそれぞれ比例すると考えられる。この仮定に従うと、衝撃曲げ試験のひずみ速度は、落下試験の約1/2となるが、Fig. 12およびFig. 13に示したように両者の試験結果がほぼ一致することから、今回実験した範囲でのひずみ速度の相違は、はんだ接続部の信頼性に影響しないと言える。しかし、パッケージや接続部構造、材料構成によって信頼性に及ぼすひずみ速度の依存性が異なることも考えられるので、はんだ接続部のひずみ速度も考慮して評価する必要がある。

5. 断線寿命に及ぼす試験条件の影響

衝撃曲げ試験で実装基板に発生する基板ひずみの立上り時間は、第3章で述べたように試験片の固定間スパンと落下ロッド重量で変動する。この基板ひずみ立上り時間がはんだ接続部の寿命に及ぼす影響を把握するため、ロッド重量とスパンを変えた試験を行い、基板ひずみと断線寿命を測定した。

Fig. 14は、Fig. 9に示したFan-in&outタイプパッケージの結果に、落下ロッド重量0.49 N (50 g)で測定した基板ひずみの最大値と断線寿命を併せてプロットした図である。基板ひずみと断線寿命は、ロッド重量にかかわらずほぼ1本の線上に載っており、基板ひずみが一定であれば寿命は同じになる。したがって、落下ロッド重量の違いによる基板ひずみ立上り時間の差異は、はんだ接続部の寿命にほとんど影響しないことが明らかになった。

Fig. 14 Influence of weight of falling rod on life of solder joints of 240 pin fan-in&out type package

Fig. 15 Influence of fixed distance of specimen on life of solder joints of 352 pin fan-out type package

次いで、固定間スパンの影響について検討した。Fig. 15は、Fig. 11に示したFan-outタイプパッケージ実装試験片のスパン90 mmの試験結果に、スパン60 mmの結果を併せて示した図である。断線寿命50回以下となる基板ひずみが大きな範囲で、スパン90 mmの寿命が60 mmより長くなっており、スパン依存性が認められる。断線寿命50回以上では、寿命はほぼ同じとなっておりスパンによる差異はない。同様に、Fig. 16には、Fig. 13に示したFan-in&outタイプパッケージのスパン60 mmの結果に、スパン90 mmの結果を併せて示した。断線寿命10回以下の基板ひずみが大きい範囲で、スパン60 mmの寿命がわずかに短くなっているものの両者の差異はほとんどなく、Fig. 15のFan-outタイプパッケージほど顕著なスパン依存性は見られない。このように高い基板ひずみが負荷される状態では、スパンを変えたことによる基板ひずみの立上り時間が信頼性に影響する可能性のあることが明らかになった。

パッケージ構造の固定間スパン依存性の差異を検討する

Fig. 16 Influence of fixed distance of specimen on life of solder joints of 336 pin fan-in&out type package

ため、上記 Fan-out パッケージと Fan-in&out パッケージそれぞれの実装基板試験片について、衝撃曲げ試験時の変形挙動を有限要素法で解析した。重量 0.74 N (75 g) の落下ロッドを高さ 300 mm より落下させ、スパン 90 mm で固定した実装試験片の中心に衝突する試験状態を非線形動的解析ソフト (LS-DYNA) で解析した。解析モデルは 6 面体ソリッド要素で作成し、構成材料はすべて弾性体とした。なお、BGA はんだ接続部は立方体でモデル化した。解析に用いた材料定数を Table 2, Table 3 に示す。Fan-out タイプパッケージを例とし、パッケージ搭載部分の要素分割図と変形図を

Table 2. Material properties of fan-out type package

Component	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio	Density (10^3 kg/m^3)
Chip	190.0	0.07	2.30
Encapsulant	105.0	0.21	1.85
Interposer	6.7	0.45	1.85
Stiffener	119.0	0.30	7.80
Solder bump	40.1	0.35	7.30
Printed wiring board	21.0	0.16	1.85

Table 3. Material properties of fan-in&out type package

Component	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio	Density (10^3 kg/m^3)
Chip	190.0	0.07	2.30
Encapsulant	20.0	0.25	1.85
Interposer	35.0	0.16	1.85
Solder bump	40.1	0.35	7.30
Printed wiring board	21.0	0.16	1.85

(a) Finite element mesh

(b) Deformation of PWB

Fig. 17 Three dimensional impact analysis model for fan-out type package

Fig. 18 Deformation behavior of PWB

Fig. 17 に示す。落下ロッドの衝突によって実装基板は Fig. 17(b) のように下凸形状に変形する。Fig. 17(b) 中に矢印で表示した実装基板の中心線上における実装基板の板厚方向の変形状態を Fig. 18 に示す。Fan-out パッケージは実装基板全体が単純支持はりのような一様な変形となっている。一方、Fan-in&out パッケージでは、パッケージ端である中心から約 8.5 mm 離れた箇所に変曲点が生じており、パッケージ搭載部分はほぼ平坦で、全体として台形状の変形となっている。Fan-out パッケージは、パッケージ自体が低剛性の構造であるとともに、最内周はんだ接続部の間隔が 15.2 mm で Fan-in&out パッケージの 2 倍となっており、パッケージ直下の中央部分が空いた構造となっている。そのため、はんだ接続部も含めたパッケージ曲げ剛性が小さくなっており、Fig. 18 のような一様な変形状態になったと考えられる。

Fig. 10に示したようにPbフリーはんだ接続部の破壊は接続界面で発生するので、界面の法線方向応力が破壊を支配していると考えられる¹⁰⁾。スパンが広くなるとFig. 7に示したように基板ひずみ最大値までの立上り時間が長くなり、はんだ接続部に作用する荷重の速度が遅くなる。これによってはんだの塑性変形が生じやすくなり、界面応力が緩和されるため、スパンが広い場合の寿命が長くなったとも考えられる。このほか実装基板のはんだ接続部分近傍の局所的な変形挙動の影響も考えられる。また、基板ひずみの大きな領域でのみスパンによって寿命に差異が生じる要因の1つとして、断線寿命に占めるき裂進展寿命の違いが考えられるが、まだ明確な結論は得られていない。

パッケージ構造の違いによる固定間スパン依存性の差異には、はんだ接続部も含めたパッケージ曲げ剛性の違いが影響しており、曲げ剛性が低いFan-outタイプパッケージは、パッケージ自体の変形によってはんだ接続部の界面応力を緩和する効果が得られる。一方、Fan-in&outタイプパッケージでは、パッケージによるはんだ接続部の拘束が強く、変形による緩和効果が生じにくいためにスパンによる差異が少なくなったと考えられる。したがって、低剛性パッケージの衝撃信頼性評価では、基板ひずみの絶対値とともに立上り時間も考慮した評価が必要となる。

6. 結 言

簡便で安定したBGAはんだ接続部の耐衝撃信頼性評価方法確立のため、ロッド落下による衝撃曲げ試験方法を検討し、以下の結論を得た。

- (1) 衝撃曲げ試験で実装基板試験片に発生する基板ひずみはロッド落下高さで、基板ひずみの立上り時間は実装基板試験片の固定スパンとロッド重量でそれぞれ制御できる。
- (2) 衝撃曲げ試験の基板ひずみ測定値のばらつきは治具搭載落下試験より1桁小さくなり、試験の安定性が向上する。
- (3) はんだ接続部の断線発生回数と基板ひずみには相関があり、基板ひずみの減少とともに断線発生回数が長くなる。衝撃曲げ試験の第1波のひずみピーク値ではんだ接続部の耐衝撃信頼性を評価できる
- (4) 実装基板の固定間スパンを同じにすることで治具搭載落下による寿命評価結果と一致する。

- (5) 大きな基板ひずみが作用する範囲では、試験片の固定間スパンが長い場合の断線発生回数が長くなり、基板ひずみの立上り時間の影響が認められる。基板ひずみが小さい範囲ではスパンによる寿命の差異はない。
- (6) 断線寿命のロッド重量依存性はなく、重量を変えた試験で得られた結果は同等として扱える。

(2002.10.26-受理)

文 献

- 1) 井門 修, 石川重雄, 伊藤伸孝, 長竹真美, 三好絹子, 広島義之: “モバイル機器マイクロ接合の衝撃強度評価”, 第15回エレクトロニクス実装学術講演大会論文集, pp. 173-174, 2001
- 2) 坂本宏文, 清末明弘: “携帯電話におけるPbフリーはんだ評価”, 第10回マイクロエレクトロニクスシンポジウム講演論文集, pp. 215-218, 2000
- 3) 石川重雄, 長竹真美, 東口 裕, 三好絹子: “携帯電子機器におけるはんだ接合部の落下衝撃強度評価”, 第11回計算力学講演会講演論文集, pp. 523-524, 1998
- 4) 矢口昭弘, 山田宗博: “基板ひずみによるBGAはんだ接続部の落下衝撃強度評価”, 第11回マイクロエレクトロニクスシンポジウム講演論文集, pp. 423-426, 2001
- 5) 于 強, 白鳥正樹, 池永 圭: “衝撃負荷を受けるBGAアセンブリはんだ接合部の強度評価”, 第14回エレクトロニクス実装学術講演大会論文集, pp. 109-110, 2000
- 6) 井門 修, 長竹真美, 伊藤伸孝, 三好絹子, 広島義之: “モバイル機器マイクロ接合の衝撃試験法”, 日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, pp. 529-530, 2000
- 7) 矢口昭弘, 山田宗博, 山本健一: “BGAはんだ接続部の衝撃曲げ試験方法”, 第16回エレクトロニクス実装学術講演大会論文集, pp. 109-110, 2002
- 8) 于 強, 白鳥正樹, 菊池宏信, 池田真哉: “落下衝撃を受けるBGAはんだ接続部の動的特性”, 日本機械学会第14回計算力学講演会講演論文集, pp. 473-474, 2001
- 9) 谷口文彦, 安藤史彦, 高島 晃: “FBGAのはんだ接続部の熱疲労および機械的信頼性”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 4, No. 1, pp. 56-62, 2001
- 10) 十河敬寛, 原 悟: “BGAはんだ接合部の衝撃強度に関する検討”, 日本機械学会第13回計算力学講演会講演論文集, pp. 647-648, 2000