高信頼ファインピッチBGAの構造設計

矢口 昭弘*, 田中 直敬*, 安生 一郎**

Structural Design of Highly Reliable Fine-Pitch BGA

Akihiro YAGUCHI*, Naotaka TANAKA* and Ichiro ANJOH**

*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）

**株式会社日立製作所半導体グループ（〒187-0022 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)

**Semiconductor and Integrated Circuits Group, Hitachi, Ltd. (5-20-1 Jyosuihoncho, Kodaira-shi, Tokyo 187-0022)

概要 応力緩和層を内包した高信頼ファインピッチBGAタイプCSPの開発を目的として、封止樹脂部のリードとはんだ接続部の信頼性向上を両立させるパッケージ構造仕様を弾塑性有限要素法解析によって検討した。樹脂封止部のリードに発生するひずみは、リード根元部分の幅広化、S字型断面形状の形成、および応力緩和層の高弾性化と厚さの適正化によって低減できる。応力緩和層の高弾性化は、はんだ接続部の信頼性を低下させる要因となるが、弾性率の最適化によってリードとはんだ接続部双方の信頼性を確保することができる。以上の結果に基づいて耐温度サイクル性に優れたCSPを開発した。

Abstract

We used an elasto-plastic finite element method to analyze the fatigue life of solder bump joints and inner leads and improve the reliability of fine-pitch the BGA-type chip-size packages under temperature cycling. We mainly studied the effect of the Young's modulus of the elastomer and the encapsulate resin on the plastic strain of the inner lead and solder bump joint. To reduce the strain of the inner lead, the Young's modulus of the elastomer and width of the inner lead should be increased is important. Since it is also important to reduce the Young's modulus of the elastomer to improve the fatigue life of the solder joints, there is an optimum range for the Young's modulus. By considering the reliability of both the inner lead and the solder joint, a highly reliable fine-pitch the BGA has been developed by optimizing the inner lead shape and the Young's modulus of the elastomer.

Key Words: Chip Size Package, Elastomer, Inner Lead, Solder Bump Joints, Reliability, Fatigue Life, FEM

1. 緒言

携帯情報機器の小型・軽量化と多機能化により、これに搭載するLSIパッケージにも小型、薄形化に加えて多ピン化、高速化への対応が要求されており、従来パッケージと同等以上の信頼性確保も不可欠となっている。そのため、信頼性の向上と小型化を両立させた種々のCSP(Chip Size Package)が開発され^{1)～5)}、実用化が図られている。

開発されたCSPの大部分は、パッケージの小型化を図るために実装基板との接続に微細なはんだバンプを使用したBGA(Ball Grid Array)構造が採用されており、はんだバンプは、チップの面内直下に配置されている。そのため、実装状態で温度サイクルなどの温度変化が加わると、はんだ接続部にはパッケージと実装基板の線膨張係数差に起因した熱ひずみが発生する。パッケージ構造や実装構造が適正でない場合には、ひずみが増加してはんだ接続部に疲労破壊が発生し、信頼性を著しく低下させる要因となる。したがって、CSPでは、はんだ接続部の信頼性確保が重要課題

となっている。

はんだ接続部の信頼性を向上させるパッケージ構造のひとつとして、パッケージ内部に応力緩和層を内包し、箔状の内部リードでチップとバンプを接続するCSP構造が、米国テセラ社(Tessera, Inc.)より提案され、開発が進められている^{1)～11)}。低弾性のエラストマー樹脂からなる応力緩和層がチップとはんだバンプとの間に設けられており、この応力緩和層の変形によってはんだ接続部に発生するひずみを低減することができる。しかし、応力緩和層を極端に低弾性化すると、応力緩和層自体の変形増加に伴って内部リードに発生するひずみが増加し、信頼性が低下する場合がある^{7)～9)}。そのため、応力緩和層内包タイプのCSPでは、はんだ接続部と内部リード両者の信頼性をバランス良く確保した構造設計が重要となっている。

そこで、応力緩和層を内包した高信頼ファインピッチBGAタイプCSPの開発を目的として、内部リードに発生するひずみに及ぼす構造因子の影響を有限要素法解析によって検討し、温度サイクルに対する内部リードの信頼性を

Fig.1 Structure of center pad type CSP

向上するパッケージ構造仕様を解明した。また、はんだ接続部とリードに発生するひずみとエラストマー弾性率の相関性を検討し、両者の信頼性を両立できる適正なエラストマー弾性率を明らかにした¹²⁾。

2. 応力緩和層内包タイプBGA構造と課題

応力緩和層を内包したファインピッチBGAタイプのCSPは、Fig. 1 に示すようにチップとはんだバンプとの間に低弾性のエラストマー樹脂が応力緩和層として設けられているのが特徴である。インターポーザには、箔状のリードが形成されたポリイミドテープを用いており、リード形成面がエラストマー樹脂と接している。リードとチップ表面のパッドが接合される部分は封止樹脂で覆われている。リード材料にはコスト低減のためCuが用いられている。エラストマー樹脂や封止樹脂の縦弾性率（ヤング率）は、エラストマー自身の変形や封止樹脂で覆われる内部リードの変形を容易にするため、数十MPa程度になっている。

上記構造のCSPでは、チップと実装基板の線膨張係数差によってはんだ接続部に発生するひずみを、エラストマー樹脂の変形によって吸収することではんだ接続部の高寿命化を図っている。しかし、エラストマー樹脂の材質やリード構造が適切でない場合には、エラストマー樹脂の変形により樹脂封止部のリードにも大きな変形（ひずみ）が発生し、リードの寿命が低下する場合がある^{7)~9)}。そこで、リードのひずみを支配する構造因子を検討し、信頼性を向上させるリードおよびパッケージ構造仕様を明らかにした。次いで、リードとはんだ接続部双方の信頼性を両立させるためのエラストマー材質を明らかにした¹²⁾。

本研究は、はんだ接続部とリードの温度サイクル試験に対する寿命を解析の対象としており、発生するひずみも比較的大きくなるため、低サイクル疲労に対する強度評価が必要となる。そこで、リードの寿命評価も、従来はんだ接続部の評価に用いている相当塑性ひずみ範囲^{13),14)}に基づいて評価した。

3. 内部リードのひずみに及ぼす構造因子の影響

3.1 解析方法

樹脂封止部のリードには、エラストマー樹脂とリードを覆う封止樹脂の変形に起因してひずみが発生する。しかし、封止樹脂をエラストマー樹脂と同様に低弾性の材料で構成した場合、リードは封止樹脂の内部で比較的自由に変形できるため、封止樹脂自体の変形がリードのひずみに与える

影響は小さいと考えられる。そこで、まずリード形状やエラストマー材質がリードひずみに及ぼす影響を汎用の弾塑性構造解析ソフトであるADINAを使用して検討した。

解析は以下に述べる2段階で行った。まず、Fig. 2 に示すようにリードを含めた3次元のパッケージ全体を粗い要素分割モデルで作成し、はんだバンプによって実装基板に接合した状態におけるリード両端（テープ根元部分とチップとの接合部分）に発生する変形量を熱応力解析によって算出した。実際の解析モデルでは、リードは封止樹脂で覆われているが、Fig. 2 ではリードが見えるように封止樹脂を取り除いた状態を示している。また、対称性を考慮してパッケージの1/4部分をモデル化しており、リードを表示させるためFig. 1 とは上下を逆にして示してある。パッケージサイズは5.9(x)×10.7(y)mm、チップ厚は0.28mmであり、はんだバンプ数は40である。パッケージ中央部にy方向に沿ってパッドを設けた構造とし、この部分に樹脂封止部とパッケージのx方向に延びたリードを設けている。解析した温度範囲は、-55℃~125℃の温度サイクル試験を想定し、180℃とした。次いで、求めたリード両端の変形量をFig. 3 のようなリード単体の3次元詳細モデルに強制変位として与え、樹脂封止部のリードに発生する相当塑性ひずみ範囲を求めた。解析に使用した各部材の材料定数をTable 1 に示す。エラストマー樹脂および封止樹脂にはシリコン系樹脂を想定した材料物性を用いた。

3.2 リード形状の影響

Fig. 4 に樹脂封止部のリード幅を34μm一定とした場合の相当塑性ひずみ分布の解析結果を示す。本解析では、リードの長手方向の断面形状はFig. 3 のようなテープ根元部分に根元部から約130μm離れた位置まで水平部を有するS字形状とし、エラストマー厚さは160μmとした。封止樹脂部のリードでは、テープ根元部、屈曲部およびチップ接合部などの複数個所にひずみが集中して発生することが知られているが⁸⁾、Fig. 4 のリード幅一定の形状では、テープ根元部分（Tape edge）に特に大きなひずみが集中して発

Fig.2 FEM model for estimating strain in inner leads

Fig.3 Finite element mesh for an inner lead

Table 1. Material properties

Component	Material	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Coefficient of Thermal Expansion (ppm/°C)	Yield Stress (GPa)	Strain Hardening Exponent (GPa)
Chip	Si	190000	0.07	3		
Lead	Cu	110000	0.35	17	3700	3590
Tape	Polyimide	9000	0.45	9		
Elastomer	Silicone	10	0.45	250		
Encapsulant	Silicone	10	0.45	250		
Solder Bump	Sn37-Pb64	29400	0.3	26.3	23.2	508
Printed Wiring Board	FR-4	17000	0.16	15		

Fig.4 Distribution of equivalent plastic strain in an inner lead with constant width (34μm)

生している。本リード構造では、エラストマーの厚さ方向とパッケージ中心方向への変形によって、テープ根元ではねじれ変形が生じるため、この部分にひずみが集中する。したがって、リードに発生するひずみを低減するには、1箇所への極端なひずみ集中を避けるひずみ分散構造の採用が必要となる。

テープ根元部分のひずみ低減のため、テープ根元部分のリード幅のみを広くした場合のリード各部のひずみ変化を解析した。リードの長手方向の断面形状はFig.4と同じとし、テープ根元部の幅を34μm～100μmの範囲で変え、根元部から130μm離れた位置まではリード幅が連続的に変化するテーパ部を形成し、この部分からチップ接合部まではリード幅34μmのままとした。解析結果をまとめてFig.5

Fig.5 Relationship between equivalent plastic strain range and lead width of tape edge

に示す。テープ根元部の幅を広くすることで、テープ根元部 (Tape edge) のひずみは単調に減少するが、他の部分に発生するひずみは増加し、根元部の幅が約100μmの場合、各部に発生するひずみがほぼ一様となる。このように、テープ根元部を幅広にすることによって、リードに発生するひずみを分散でき、最大ひずみを低減できることが明らかになった。

Fig.6はリード長手方向の断面形状が異なる2種類のリードについて、リード各部に発生する相当塑性ひずみを比較したものである。テープ根元部の幅は80μmとし、根元部から130μm離れた位置まで幅方向のテーパ部を形成した。解析したモデルのエラストマー厚は100μmである。Fig.6(a)は、テープ根元近傍のテーパ形成部分を水平としてS字型とした形状、(b)はテープ根元部からチップ接合部までストレートの形状である。図中の各値はひずみを示しており、解析した範囲で得られた最大相当塑性ひずみ範囲 (Fig.6(b)のチップ接合部で発生) に対する相対値で表している。Fig.6(a)の形状では、各部のひずみがほぼ一様であるのに対し、(b)のストレート形状ではチップ接合部に約2倍のひずみが集中して発生している。このようにリード自体の変形吸収を可能とする形状にすることで、リード

Fig.6 Effect of cross-sectional shape of inner lead on equivalent plastic strain

に発生するひずみを低減できる。

3.3 エラストマー厚と弾性率の影響

樹脂封止部のリードに発生するひずみは、エラストマーの変形によって発生するため、変形量を決定するエラストマーの厚さや弾性率の影響を把握しておく必要がある。そこで、エラストマー厚とエラストマーの弾性率がリードの相当塑性ひずみに及ぼす影響を検討した。

Fig. 7 に、リード各部に発生する相当塑性ひずみのエラストマー厚依存性を示す。解析したリードは、Fig. 6 (a)に示したようなテープ根元から屈曲部まで水平部を設けたS形状とし、テープ根元部のリード幅を $64\mu\text{m}$ 、根元から $100\mu\text{m}$ 離れた位置まで幅方向にテープ部を有する構造とした。エラストマーが厚くなるとリード各部に発生するひずみの大小関係が逆転し、最大ひずみの発生個所が、チップ接合部からテープ根元部へ移行する。本解析では、チップ接合部とテープ根元間の水平方向距離を一定としてエラストマー厚のみを変えているため、エラストマーが薄い場合ほどリード長が短くなり、リード形状が相対的にFig. 6 (b)のようなストレート形状に近づくため、チップ接合部のひずみが増加したものと考えられる。一方、エラストマーが厚くなると、厚さ方向の変形量増大にともなってテープ根元部のひずみが増加する。したがって、リードに発生するひずみを最小にするにはエラストマー厚を2曲線の交点である約 $100\mu\text{m}$ とすることが望ましい。しかし、Fig. 6 (a)のようなリード形状を安定して形成することと、後述するはんだ接続部の信頼性を考慮して、エラストマー厚は $150\mu\text{m}$ を目安として構造設計を進めることにした。エラストマーが厚くなるとテープ根元部のひずみは大きくなるが、Fig. 5に示したようにテープ根元部の幅広化を適正にすることでひずみのさらなる低減が可能ためである。

Fig. 8 は、樹脂封止部のリードに発生する最大ひずみのエラストマーの弾性率依存性を解析した結果である。エラストマーなどの樹脂材料では、一般に弾性率と線膨張係数の間には負の相関がある。本解析では、弾性率を 10MPa ～ 10GPa の範囲で変化させ、各弾性率に対応した線膨張係

Fig.7 Relationship between equivalent plastic strain range and elastomer thickness

Fig.8 Relationship between equivalent plastic strain range and Young's modulus of elastomer

Table 2. Material properties of elastomer

		Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Coefficient of Thermal Expansion (ppm/°C)
Elastomer	A	10	0.45	250
	B	100	0.45	130
	C	1000	0.45	65
	D	10000	0.45	20

数は、一般的な樹脂材料の弾性率と線膨張係数の関係を考慮してTable 2に示した値を使用した。解析したリードの幅は $42\mu\text{m}$ 一定とし、Fig. 6 (a)と同様な形状とした。エラストマーの厚さは $150\mu\text{m}$ である。リードに発生する相当塑性ひずみは、エラストマーの弾性率を 10MPa から 1000MPa にすると単調に減少して、約 $1/3$ となる。

以上述べてきたように、リードのひずみの主要な決定因子は、リード根元部分の幅や長手断面形状、およびエラストマー厚と弾性率であり、これらの適正化によってひずみ低減が可能であることが明らかとなった。これらの構造因子の中で、エラストマーの弾性率は、はんだ接続部の信頼性にも影響するため、リードとはんだ接続部両者の信頼性をバランス良く確保するためのさらなる構造適正化が不可欠である。

4. 内部リードの疲労強度

パッケージの構造設計にあたっては、定量的な信頼度評価が必要であり、樹脂封止部のリードについても発生ひずみに対するリードの疲労寿命を推定する必要がある。そこで、内部リードの疲労寿命を評価するために、リードの疲労試験を行って相当塑性ひずみと寿命の関係を把握することにした。

疲労試験は、厚さ $25\mu\text{m}$ 、幅 $95\mu\text{m}$ の短冊状になった電解銅箔を、厚さ $75\mu\text{m}$ のポリイミドテープに接着したものを試験片として、Fig. 9のような片持ち梁状態の両振り曲げ条件で行った。変位を一定にして繰り返し曲げを加え、リードの破壊状態を顕微鏡で観察し、リードが断線するまで

Fig.9 Loading condition of fatigue test

の繰り返し数を寿命と定義した。2次元平面応力の弾塑性有限要素法解析によって、各試験時のリードの最大相当塑性ひずみ範囲を算出し、疲労曲線を求めた。Fig.10は疲労試験結果をまとめたリードの疲労寿命曲線である。相当塑性ひずみと寿命は両対数グラフ上でほぼ一直線上にプロットでき、銅箔リードの50%断線発生の寿命曲線として次式を得た。

$$Nf = 16700 \Delta \epsilon_{\text{peq}}^{-2.1} \quad (1)$$

ここで、 Nf は断線寿命、 $\Delta \epsilon_{\text{peq}}$ は相当塑性ひずみ範囲であり、単位は%である。

(1)式から、例えば50%断線寿命1000回を達成するためには、樹脂封止部のリードに発生する相当塑性ひずみを3.8%以下にする必要がある。リードのひずみをこの値以下にするためには、リード形状の適正化とともに、Fig.8に示したようにエラストマー弾性率を100MPa以上にする必要がある。したがって、リードの信頼性向上にはシリコン系樹脂よりも高弾性の材料選定が不可欠となる。

Fig.10 Fatigue lives of lead

Fig.11 FEM model for estimating strain in solder bump joint

る。

今回得られた寿命曲線によって、樹脂封止部のリード寿命の定量的予測が可能となったので、次章で具体的な構造最適化を進める。

5. 応力緩和層内包タイプファインピッチBGAの最適構造設計

5.1 はんだ接続部と内部リードの信頼性向上設計

リードのひずみを低減し信頼性を向上するためには、上述したようにテープ根元部の幅広化や長手断面形状のS字化、あるいはエラストマー厚の適正化といった構造面での対策と、エラストマーの高弾性化が有効である。特にエラストマーの高弾性化によるひずみ低減は、製造プロセスでのエラストマー厚やリード形状のばらつきを考慮すると、信頼性マージン確保のために不可欠であると考えられる。しかし、エラストマーの高弾性化ははんだ接続部に発生するひずみを増加させるため、信頼性低下の原因となる。そこで、リードとはんだ接続部両者の信頼性をバランス良く確保するエラストマー弾性率を明確にするため、はんだ接続部寿命のエラストマー弾性率依存性を評価した。

解析したパッケージ構造は、Fig.2と同じであり、エラストマー厚は150 μm とした。パッケージの全体形状とはんだパンプの構造をFig.11に示す。実装基板の板厚方向の変形を拘束して両面実装を模擬し、温度範囲-55 $^{\circ}\text{C}$ ~125 $^{\circ}\text{C}$ で解析した。最大ひずみが発生すると予想されるパッケージコーナーのパンプのみFig.11(b)に示すような詳細に要素分割を行った球状パンプとし、残りのパンプは角柱でモデル化した。解析ソフトはADINAを使用し、はんだパンプのみを弾塑性体とした3次元弾塑性解析を行った。また、解析で求めた相当塑性ひずみ範囲から破壊寿命の算出には、はんだボール接合試験片のせん断疲労試験によって求めた疲労強度データ¹³⁾を使用した。

Fig.12は、相当塑性ひずみ範囲から算出したリードとはんだ接続部の50%断線寿命のエラストマー弾性率依存性をまとめた結果である。エラストマー弾性率の増加に伴いはんだ接続部の寿命は減少するが、リードの寿命は増加する。したがって、はんだ接続部とリード両者の信頼性を考慮して寿命を最も長くするためには、寿命曲線の交点近傍にエラストマー弾性率を設定するのが有効であり、Fig.12では

Fig.12 Effect of Young's modulus of elastomer on fatigue lives of inner lead and solder bump joint

Table 3. Properties of elastomer of developed CSP

Young's Modulus at 25°C(MPa)	550
Coefficient of Thermal Expansion (ppm/°C)	86
Glass Transition Temperature (°C)	180

約1000MPaが適正值となる。

以上述べた検討結果に基づき、エラストマー材料としてフッ素系多孔質材のコア層とその両側にエポキシ系接着剤層を設けた構成の材料を採用した^{(10),(11)}。このエラストマー材料の主な物性はTable 3に示すとおりであり、弾性率は室温において約550MPaである。

5.2 封止樹脂の物性値を考慮した構造設計

前節までの構造解析では、リードを覆う封止樹脂にシリコン系樹脂を想定した低弾性材料を用いていたが、エラストマー樹脂の高弾性化に対応して、封止樹脂物性も適正化を図る必要がある。また、リード自体の変形がリードに発生するひずみ増加の主原因であるため、リードを覆う封止樹脂も高弾性にすることでリードのひずみが低減できると考えられる。そこで、封止樹脂に高弾性材料を使用した場合のリード寿命を評価した。

解析したパッケージはFig.2と同様である。本解析では、比較的詳細に要素分割を行ったリードを加えた3次元のパッケージ全体モデルから直接リードのひずみを求めることにした。解析した温度範囲は-55°C~150°Cの205°Cである。解析したリードのテープ根元部の幅は130μmとして根元から幅が連続的に減少するテーパ部を設け、チップ接合部の近傍に最小幅38μmの部分进行形成した。エラストマーはTable 3に示したフッ素系多孔質材をコア層とする材料とし、厚さは150μmとした。封止樹脂にはエポキシ系のポッティング材料を想定して、Table 4に示す6種類の材料をそれぞれ用いて解析した。なお、Table 4に示した各封止材料は、解析温度範囲内の100°Cにガラス転移温度が存在するため、ガラス転移温度上下で線膨張係数 α_1 、 α_2 がそれぞれ定義されている。しかし本解析では解析を容易にするため、線膨張係数にはガラス転移温度と α_1 、 α_2 の

Table 4. Material properties of encapsulant

		Young's Modulus (GPa)	Glass Transition Temperature (°C)	Coefficient of Thermal Expansion (ppm/°C)		
				α_1	α_2	Averaged CTE
Encapsulant	A	3.5	100	70	170	94
	B	3.5	100	40	170	72
	C	3.5	100	40	140	64
	D	7.2	100	40	170	72
	E	7.2	100	40	140	64
	F	7.2	100	40	100	55

Fig.13 Effect of encapsulant CTE on fatigue lives of inner lead

値を考慮した解析温度範囲内の平均的な値を用いた。実際に使用した各材料の平均の線膨張係数も表中に併記した。

Fig.13に、リードの50%断線寿命に対する封止材の平均線膨張係数依存性を示す。図中の矢印で示した値は、低弾性封止材使用時の寿命推定のため、封止材を除去したモデルで解析した結果である。数GPa以上の高弾性材料で封止した場合、最大ひずみはリード幅が狭くなっているチップ接合部に発生する。一方、封止材を除去した場合はテープの根元部が最大となっており、Fig.7に示したエラストマーが厚い場合の最大ひずみ発生箇所と一致した。高弾性材料で封止したリードの寿命は、封止材の平均線膨張係数が小さくなると増加し、封止材弾性率を2倍程度変えても寿命に変化は認められない。封止材の平均線膨張係数が大きくなると低弾性（数十MPa程度）封止材構造より寿命が短くなる場合があり、低弾性封止材と同等以上の信頼性を確保するためには、平均の線膨張係数を70ppm/°C以下にする必要があることが明らかとなった。以上の結果から、高弾性材料で封止した場合は、封止樹脂自体の熱変形によってリードのひずみが決定され、封止材の平均の線膨張係数が重要な設計因子となることが明らかとなった。寿命を向上するための平均の線膨張係数低減には、線膨張係数 α_1 、 α_2 の低減とガラス転移温度の高温化が有効であり、Fig.13で明らかとなった平均の線膨張係数70ppm/°C以下を目安として材料を選定した。

5.3 高信頼ファインピッチBGAの開発

以上述べた検討結果に基づいてパッケージ材料と構造を

Table 5. Properties of encapsulant of developed CSP

Young's Modulus at 25°C (MPa)	8500
Coefficient of Thermal Expansion α 1 (ppm/°C)	38
Glass Transition Temperature (°C)	102

適正化した。エラストマー樹脂には、Table 3 に示したフッ素系多孔質材をコア層とする材料を採用した。封止樹脂には、Table 5 に示す物性を有するエポキシ系のポッティング樹脂を採用した^{10),11)}。この封止樹脂の平均の線膨張係数（温度範囲150°C～-55°C）は、約60ppm/°Cであり、前節で目安とした値（70ppm/°C）以下となっている。エラストマーの厚さは約150 μ mとし、パッケージサイズやはんだバンプ構造および製造プロセスに応じて最適化を図ることが必要である。また、リードにはAuめっきを施したCuを採用し、樹脂封止部のリード形状はテープ根元部分を幅広とし、根元部分からチップ接合部に向かって連続的に幅が減少するテーパ部を有する構造とした。

これらの材料構成で試作した周辺パッドタイプの48ピンファインピッチBGA（パッケージサイズ5.03×8.24mm）は、基板実装状態の温度サイクル試験（-55°C/125°C）において、1500回で不良が発生しておらず（0/30個）¹⁰⁾、高い信頼性が得られることを確認した。

今回開発した応力緩和層を内包したファインピッチBGAタイプのCSPは、温度サイクル性だけでなく耐湿性や耐リフロー性にも優れており、次世代の高速DRAM (Dynamic Random Access Memory)用のCSPとして高い信頼性を有していると考えている。

6. 結 言

応力緩和層内包タイプの高信頼ファインピッチBGAの開発を目的として、封止樹脂部のリードとはんだ接続部のひずみに及ぼすパッケージ構造因子を解析的に検討し、信頼性を向上するためのパッケージ構造仕様を明らかにした。主な結論を以下に示す。

- 1) 樹脂封止部のリードに発生するひずみは、テープ根元部の幅広化、長手断面のS字形状化によってリードの複数個所に分散することで低減できる。
- 2) エラストマー厚によってリードの最大ひずみ発生個所が変化し、ひずみが最小となるエラストマー厚が存在する。
- 3) エラストマー弾性率の最適化によって、はんだ接続部とリード両者の信頼性を確保し、パッケージの寿命を長くすることができる。
- 4) 平均的な線膨張係数を70ppm/°C以下とした数GPaの弾性率を有する材料でリードを封止することにより、リードの信頼性を向上できる。
- 5) 以上の構造設計の結果、基板実装状態で-55/125°Cの温度サイクル寿命1500回以上を達成するファインピ

ッチBGA構造を開発した。

謝 辞

本研究を進めるにあたり疲労試験サンプルの提供とともに有益なご討論をいただいた、日立電線電線工場の村上元氏、御田護氏、岡部則夫氏に心から謝意を表する。

(2000.10.10-受理 2001.1.24-再受理)

文 献

- 1) 朝倉博史：“構造を改良したCSPで接続信頼性をクリア”，日経マイクロデバイス 2月号，pp.48-55，1988
- 2) T.DiStefano：“多ピン・高速対応の主役の座を目指す新型CSP技術の全貌”，日経マイクロデバイス10月号，pp.92-98，1996
- 3) 安生一郎，春田 亮，橋爪孝則，佐伯準一，永井 晃，北野 誠：“テープBGAタイプCSPの開発”，信学技報，CPM96-121，ICD96-160，1996-12
- 4) 安生一郎，春田 亮：“日立製作所のCSP開発・実装技術と今後の展開”，表面実装技術，Vol.5，pp.35-38，1995
- 5) T.DiStefano：“The Micro-BGA as a Chip Size Package”，in Proc. Technical Program, NEPCON WEST '95，pp.327-333，1995
- 6) R.Mahidhara, V.Solberg, T.DiStefano, and S.Greathouse：“Solder Joint Integrity in Tessa's μ BGA Package”，Design and Reliability of Solder and Solder Interconnections, TMS, Warrendale, PA, pp.403-412, 1997
- 7) P.Lall, and K.Banerji：“Assembly-level Reliability Characterization of Chip-Scale Packages”，Proc. of 48th ECTC, pp.482-494, 1998
- 8) 西山芳朗：“ μ BGAの構造と実装信頼性”，電子材料 5月号別冊，pp.80-85，1999
- 9) 西山芳朗，他：“ μ BGAの信頼性について”，第12回路実装学術講演大会講演論文集，pp.153-154，1998
- 10) Y.Akiyama, A.Nishimura, I.Anjoh, and A.Nagai：“Chip Scale Packaging for Memory Devices”，Proc. of 48th ECTC, pp.477-481, 1998
- 11) 安生一郎，村上 元：“低コスト化の実現に向け材料開発と生産性向上を実現”，日経マイクロデバイス 4月号，pp.76-78，1999
- 12) 矢口昭弘，他：“高信頼ファインピッチBGAの構造設計技術”，第9回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集，pp.161-164，1999
- 13) 熊沢鉄雄，他：“はんだボール接合部の寿命評価”，第11回路実装学術講演大会講演論文集，pp.149-150，1997
- 14) 北野 誠，河合末男，清水一男：“面付実装形ICパッケージはんだ接合部の熱疲労強度評価”，日本機械学会論文集，54-505，A，pp.1709-1715，1988