

SPA特集

多ピン対応メタルベースBGAパッケージの開発

Development of Metal Based Ball Grid Array Package for High Pin Count LSI

照井 誠 野口 高 中村 彰男 安在 憲隆 武政 憲吾
 Makoto Terui Takashi Noguchi Akio Nakamura Noritaka Anzai Kengo Takemasa

要 旨

LSIの高集積化に伴い、パッケージには多ピン化、高放熱性、高速信号伝送性が求められている。しかし、これらの要求をすべて満足するためにはパッケージ構造が複雑となりコストアップにつながるという問題点があった。そこで今回、銅ベース基板および無電解メッキを用い、一層配線構造にて市場要求を満足する低価格の多ピン対応ボール・グリッド・アレイ・パッケージ (以下、BGA) の開発を行った。

1. ま え が き

LSIの高集積化が進む中、端子が格子状に配列され、かつプリント基板への実装性に優れたBGAが急激に需要を伸ばしている。特に300ピン以上の多ピン領域においては、QFP (Quad Flat Package) に代表される周辺端子型PKGの追従を許さない状況にある。

一般に、これら多ピンBGAでは、ガラスエポキシ基板を積層し、チップからの放熱性を向上させるため銅板を貼り付けた多層基板型が主流となっている。

しかし、この構造の場合、基材となるガラスエポキシ材表面の平坦性が劣るため、基板上に形成される銅配線パターンの配線幅は、75 μ m程度が限界であった。したがって、一層当たりの配線数が制限されるので、多ピン化に対応するためには配線層を多層化する必要がある。これに伴う基板のコストアップが課題となっている。また、多層基板型ではスルーホールや電解メッキ用リード線がチップから外部端子までの信号配線経

路に介在するため、この部分の電氣的な寄生パラメータの影響により信号伝送性を劣化させる要因にもなっている。

そこで今回、熱可塑性ポリイミドを熱融着により誘電体層として形成した三井化学(株)製の銅ベース基板を用い、仕上がり平坦性の確保および配線導体厚の薄型化により配線パターンの微細化を実現した。また、さらに無電解メッキを採用することにより多ピン化、高放熱性、高速信号伝送性に優れたBGAを開発した。

試作したパッケージは、ピン数が560ピン、熱抵抗は多層基板型より約15%低減、PKGの伝送損失は3GHzまでの帯域で5dB以下であった。また、一層配線構造により多ピンパッケージの低コスト化を実現した。

2. 開 発 目 標

メタルベースBGAの開発にあたり、以下の開発目標を設定した。

多ピン化：端子ピッチは1.0mmとし、一層配線に



表1 多ピンパッケージ仕様比較
Table 1 Comparison of Specification

名称		多層基板型BGA	メタルベースBGA
構造			
基板	材質	ガラスエポキシ材	熱可塑性ポリイミド
	配線層数	5~7層	1層
	配線導体厚(銅メッキ含む)	27μm	18μm
	配線幅	75μm Min	40μm Min
	配線間隔	75μm Min	40μm Min
	ピン間配線数	2本	5本
メッキ方法		電解メッキ	無電解メッキ
パッケージ高さ		2.50mm Max	2.00mm Max
パッケージ外形		35mmSQ	35mmSQ
ピンピッチ		1.00mm	1.00mm
ピン配置	トータル数	560ピン	560ピン
	信号ピン	400ピン	444ピン
	電源/グランド	80ピン/80ピン	58ピン/58ピン
	信号比率	72%	80%

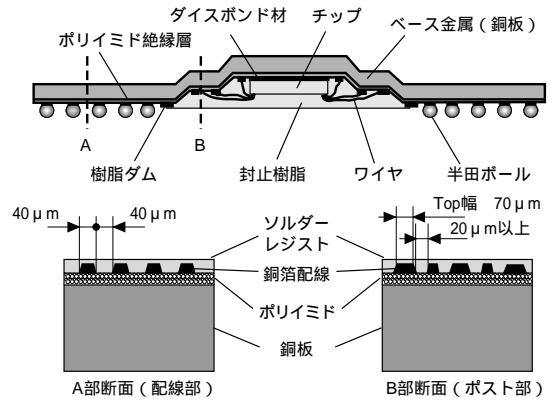


図1 メタルベースBGAの構造
Fig. 1 Metal based BGA structure

て信号端子比率75%以上確保する。

組立性：ワイヤボンディング、液状樹脂封止、半田ボール搭載という現行の組立ラインを踏襲する。

信頼性：従来の多層基板型と同等の信頼性を確保する。

放熱性及び電気特性：従来の多層基板型と同等の特性を確保する。

3. メタルベースBGAの特長

表1, 図1に多層基板型BGAと今回開発したメタルベースBGAの仕様比較および構造を示す。

メタルベースBGAは低コストを実現するために信号配線層を一層とし、ベース銅板、ポリイミド絶縁層、銅箔配線層、ソルダレジスト層の4層からなっている。また、ワイヤ間ショート防止、および、封止後ボンディングワイヤ露出防止のためダイアタッチ部とボンディングポスト部にそれぞれ絞り加工を施し、全体として凹型構造となっている。

絶縁層に使用している熱可塑性ポリイミドはガラスエポキシ材と比較して表面の平坦性に優れているので、配線導体厚を薄くすることで配線幅/スペース=40μm/40μmの微細パターンの形成が可能となった。これにより、総ピン数560pinに対して信号ピン数は444pinであり、信号端子比率は約80%確保できた。

信号配線以外の116pinは専用ボンディングエリアを介して電源ピンおよびグランドピンに結線されている。特にグランドピンは、ベースメタルを介して各ピンに接続されているので低インダクタンス化が可能となっ

た。また、配線構造がマイクロストリップ構造となるので、配線の特性インピーダンスコントロールが可能となった。

4. 組立性および信頼性評価結果

4.1 組立性評価結果

組立性においては無電解メッキの採用によるワイヤボンディング性と半田ボール接合性が問題となった。

ワイヤボンディング性については、組立時熱履歴による下地ニッケルのボンディングポスト表面への析出、および、配線銅箔の薄型化、ポストTop幅の微細化(70μm)、ポスト下に存在するポリイミドの熱時強度不足等に起因するワイヤ不着、ボンディング強度不足が懸念された。

そこで、実験計画法により、ワイヤボンディングの最適化を行った。表2に要因と水準を示す。要因の選定にあたっては、ポスト部表面の浄化を目的とした(A)プラズマ洗浄、超音波出力および荷重伝達の高効率化を目的とした(C)キャピラリフェイス角、ポリイミドの軟化抑制を目的とした(D)ワイヤボンディング温度の3項目に注目した。その他の項目は傾向を見るために選定した。

図3はワイヤ不着率に関する実験計画の要因効果図である。結果として、C要因であるキャピラリフェイス角の効果が高いことが確認でき、その他の要因との組み合わせによりワイヤ不着率0%を実現した。

一方、ボール付け性については、通常のボール付けリフロ条件(240ピーク)でボールシェア強度不足が確認された。本要因としては、金メッキ下のニッケル

表2 ワイヤボンド評価水準
Table 2 Level table for wire-bond experiment

	要因	1	2	3
A	プラズマ洗浄	無し	有り	-
B	ワイヤボンド条件	小	中	大
C	キャピラリフェイス角	小	中	大
D	ワイヤボンド温度	低	中	高
E	ワイヤボンド速度	遅	中	速
F	ダイスボンド温度	低	中	高
G	金線種類	A	B	C
H	ワイヤボンド時間	短	中	長

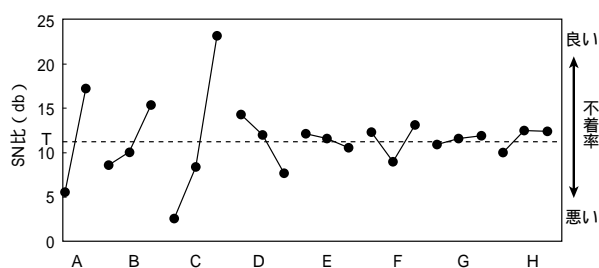


図2 要因効果図
Fig. 2 Factorial effect chart

メッキ層に介在する燐の影響が懸念された。

無電解メッキ工程では、金置換メッキの際に下地ニッケル-燐メッキ表層のニッケルが溶解し、燐リッチ層が形成される。この燐リッチ層が半田ボール付け時にニッケル-錫合金層の形成を阻害するため、接合強度が低下しているものと考えられた。

そこで、燐の半田層への拡散による燐リッチ層形成の抑制、および、ニッケル-錫合金生成の促進を目的として、ボール付けリフロ温度の高温化を検討した。

実験結果を図3、図4に示す。リフロ温度の高温化により、燐リッチ層の形成が抑えられ、接合強度の向上が確認された。

また、パッケージの外部クラックおよびチップと封止材との剥離が観察されなかったため、ボール付けリフロ温度 = 280 ピーク (275 以上20sec) をメタルベースBGAの推奨ボール付け条件とした。

4.2 信頼性結果

表3に今回実施した信頼性評価結果を示す。耐リフロ性、マザーボード接続信頼性、プレッシャクッカテスト、高温高湿バイアス試験、温度サイクル試験において目標のレベルを確保できた。

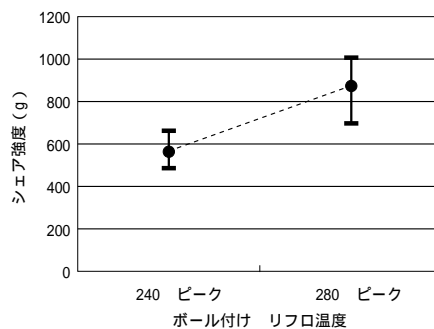


図3 ボール付け性評価結果
Fig. 3 Results of solder ball joint

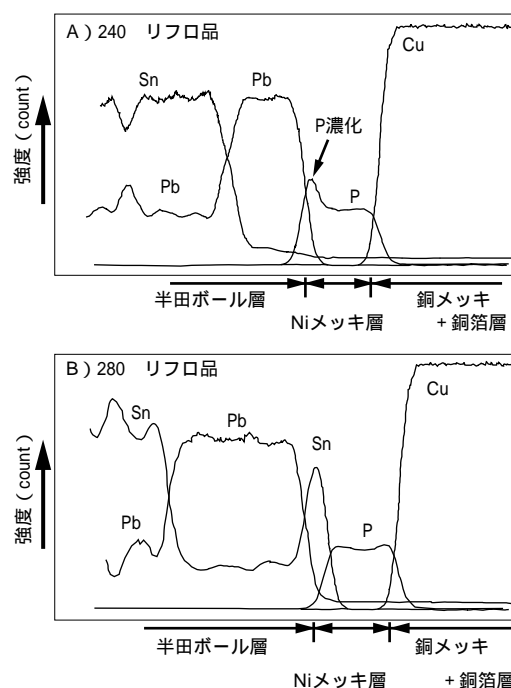


図4 EPMA分析結果
Fig. 4 Results of EPMA

表3 信頼性評価結果
Table. 3 Results of package reliability

項目	テスト条件	時間/サイクル	結果
耐リフロ性	30 / 70% × 168H r 後 240 遠赤外線リフロ	-	0/10
マザーボード接続信頼性	-40 / +25 / +125 (10分 / 1分 / 10分)	1100サイクル	0/12
プレッシャクッカテスト	121 / 85%	500 H	0/45
高温高湿バイアス試験	85 / 85%、3.6Vバイアス	1000 H	0/45
温度サイクル試験 (パッケージレベル)	-40 / +25 / +125 (30分 / 5分 / 30分)	500サイクル	0/77

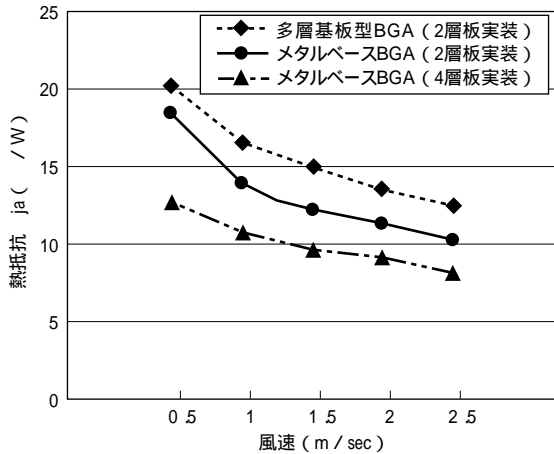


図5 熱抵抗測定結果
Fig. 5 Results of thermal resistance

5. 熱抵抗および電気特性

5.1 熱抵抗

メタルベースBGAの熱抵抗値を図5に示す。

メタルベースBGAは厚さ0.35mmの銅板をベースとしているので放熱性に優れている。その熱抵抗は、1m/secの強制空冷下で14 /Wを示し、従来のヒートスラグ付き多層基板型BGAと比較して約15%低減していることが確認された。

5.2 電気特性

信号配線の電気的パラメータのシミュレーション結果および実測による伝送特性を表4、図6に示す。

シミュレーション結果によると、L、C、R等の電気的パラメータは多層基板型よりも小さい値を示した。また、配線構造がマイクロストリップ構造となるため、特性インピーダンスの合せ込みが可能となり、今回の設計ルール(誘電体層厚 = 30 μm、配線パターン幅 = 40 μm)では、Z0 = 55 が得られた。また、伝送特性S11は3GHzまで共振点はなく、減衰率も5dB以下、隣接配線とのアイソレーションは3GHzまでの帯域で15dBを確保していることが確認された。

6. あとがき

多ピン対応BGAパッケージとしてメタルベースBGA

表4 電気特性一覧

Table. 4 Results of electrical analysis

項目	単位	Max	Min
抵抗: R	m	308	238
自己インダクタンス: L s	n H	3.52	2.72
相互インダクタンス: L m	n H	0.16	0.14
負荷容量: C 0	p F	1.77	1.5
リード間容量: C m	p F	0.06	0.05
特性インピーダンス: Z 0		55	

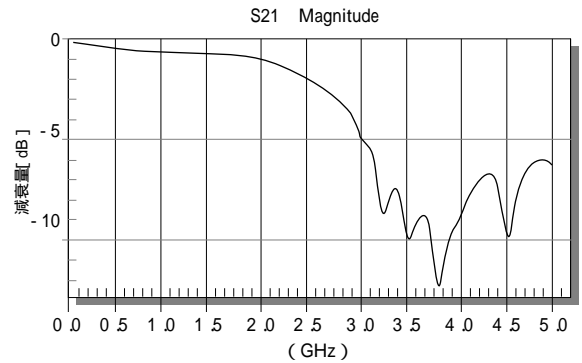


図6 伝送特性
Fig. 6 Transmission characteristic

を開発した。

熱可塑性ポリイミドと銅板の組合せによりLine / Space = 40 μm / 40 μmの微細配線を実現し、かつ、無電解メッキの併用により、一層配線での信号配線引き回しを可能とした。その結果、信号端子比率75%以上を確保し、パッケージコストの低減が可能となった。また、メタルベースBGAは熱抵抗および電気特性の面で多層基板型BGAを上回る特性を所有していることを確認した。

今後、本開発で得られた組立条件を基に量産化を実現する予定である。

最後に、本製品の開発にあたり多大な協力、助言を頂いた三井化学(株)の皆様に感謝いたします。

7. 参考文献

- 1) 田中, 森田, 脇: 「PERFORMANCE of METAL BALL GRID ARRAY (Metal BGA) PACKAGE」, 1998 IEMT/IMC SYMPOSIUM, 1998