

# 薄型・高放熱ボールグリッドアレーパッケージ

Thin-Profile Ball Grid Array Package with High Thermal Performance

矢野 圭一  
K. Yano

浅井 博紀  
H. Asai

岩瀬 暢男  
N. Iwase

プリント基板への実装時の高さが2 mm以下と薄く、冷却フィンなしで消費電力5 WのLSIまで使用可能なボールグリッドアレー (BGA) パッケージを開発した。基板厚みを0.6 mmと薄くすることにより、実装高さを抑えた。基板材料として電気絶縁性があり、かつ高熱伝導率の窒化アルミニウム (AlN) を使用し、LSI直下にもはんだボールを配置する構造とした。これによりプリント基板への放熱効果を高め、取り扱えるLSIの消費電力を大きくできた。BGAは多ピンに適した構造であるが、層数の少ない薄型パッケージでは配線が高密度となるため微細配線技術を開発した。情報処理量が多いため高速動作が要求されて消費電力の大きくなるマルチメディアデバイスを搭載するのに適している。

Toshiba has developed a ball grid array (BGA) package usable for LSIs having up to 5 W dissipation without a cooling fin and under natural convection. The assembled height of the package mounted on a printed wiring board has been lowered to less than 2 mm, and the thickness of the substrate is 0.6 mm.

High thermal conductive and electrically insulating aluminum nitride (AlN) was selected for the substrate material, and solder balls were arranged underneath the LSI. This configuration increases the acceptable LSI dissipated power as it enhances the effect of heat radiation to the printed wiring board. Fine-pitch wiring technology was also developed in order to reduce the number of layers and the thickness of the substrate.

This package is applicable to multimedia devices that handle a large amount of information.

## 1 まえがき

ノートブックパソコンや移動体通信機器に代表される携帯情報機器は、近年ますます高性能化、小型化が進み、広く一般に使用されるようになってきた。このような携帯情報機器では、処理速度だけでなくサイズが重要である。

文字、音声、画像などの多様なマルチメディア情報や通信機能などを処理するために、CPUやDSP (Digital Signal Processor) にはさらに高速化、多機能化が求められており、これらLSIの入出力ピン数や消費電力は増加する傾向にある。その一方で、より携帯性を増すために搭載される電子部品にはいっそうの小型化が要求されている。

BGAパッケージは、パッケージの一方の面にグリッドアレー状にはんだボールを配置した表面実装タイプのパッケージである。表面実装タイプとしてはTQFP (Thin Quad Flat Package) などもあるが、熱抵抗が大きいため発熱量の大きいLSIには使用できない。BGAでは、LSIで発生する熱がパッケージ基板、はんだボールを介してプリント基板側に逃げるという効果があり、低熱抵抗化に適した構造である。パッケージ基板材料の熱伝導率が高いほど、その効果は大きい。パッケージ基板材料として高熱伝導性のAlNを使用し、薄型化と低熱抵抗化の両方を同時に満たすBGAパッケージを開発した。

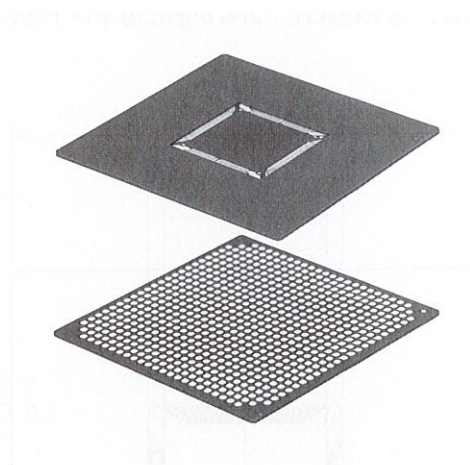


図1. 開発したBGAパッケージ 基板材料として熱伝導率180 W/(m・K)のAlNを採用し、薄型・高放熱のパッケージを実現した。  
Newly developed BGA package

図1に開発したパッケージを示す。

## 2 概要

### 2.1 構造

スペースにあまり制約のないデスクトップコンピュータ

では、アルミニウムなどの金属製のフィンを付けて放熱面積の拡大を図るか、さらにはファンにより強制的に冷却するなどパッケージの熱抵抗を下げることができる。しかし携帯情報機器では、持ち運んだり、バッグへの収納性の問題から、小型・軽量であることが要求され、フィンやファンを使用することは好ましくない。また、薄型を大きな特長とするノートブックパソコンなどの例もあり、フィンなどを使用せず、実装高さが低くかつ熱抵抗の小さいパッケージが必要とされている。一般に、パッケージ厚みを薄くすると、熱抵抗は増加する傾向にある。そこで、今回開発した BGA パッケージでは、プリント基板側への放熱を積極的に利用して低熱抵抗化が可能な構造を採用した。

図 2 に今回開発したパッケージの放熱の概念を示す。自然空冷では、LSI から発生する熱は、主に LSI 裏面からパッケージ基板、はんだボールを通してプリント基板へ放熱される。このため、パッケージ基板材料の熱伝導率が熱抵抗に大きく影響する。さらに、パッケージ外周部のはんだボールよりも、パッケージ中央部 (LSI 直下) のはんだボールのほうが、プリント基板への放熱に大きく寄与している。

一般に、熱伝導率が高い材料としてはアルミニウム、銅などの金属 (熱伝導率 240~395 W/(m·K)) や、銅・タングステン複合金属などがあるが、これらは同時に導電性でもあるため、図 2 に示した構造を実現することはできない。また、従来から広く使用されているアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) セラミックスは、電気絶縁性であるが熱伝導率が上述の金属に

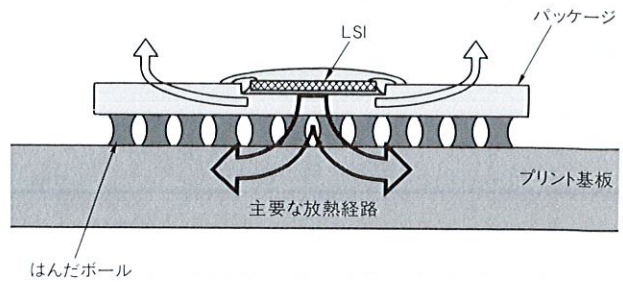


図 2. 開発した BGA パッケージの放熱経路 LSI で発生した熱は、主にプリント基板へ放熱され、LSI 直下のはんだボールが熱抵抗の低減に大きく寄与している。

Schematic heat transfer path of BGA package

比べて低く (17 W/(m·K)) 放熱性が十分ではない。

そこで、今回開発したパッケージでは電気絶縁性で熱伝導率の高い AlN (180 W/(m·K)) を採用した。さらに、信号入出力のために必要とされるはんだボール以外に、LSI 直下にも放熱用のはんだボール (以下、サーマルボール) を設けた。プリント基板への放熱効果が増大し、サーマルボールがない場合と比較して約 25 % の熱抵抗低減を実現した (218 I/O BGA の例)。これにより、薄型かつ低熱抵抗の特性を両立させることができた。

## 2.2 薄型・高放熱 AlN BGA パッケージ

図 3 に 218 I/O BGA パッケージの寸法外形図を一例として示す。この例では、信号入出力用の 218 個のランド以外

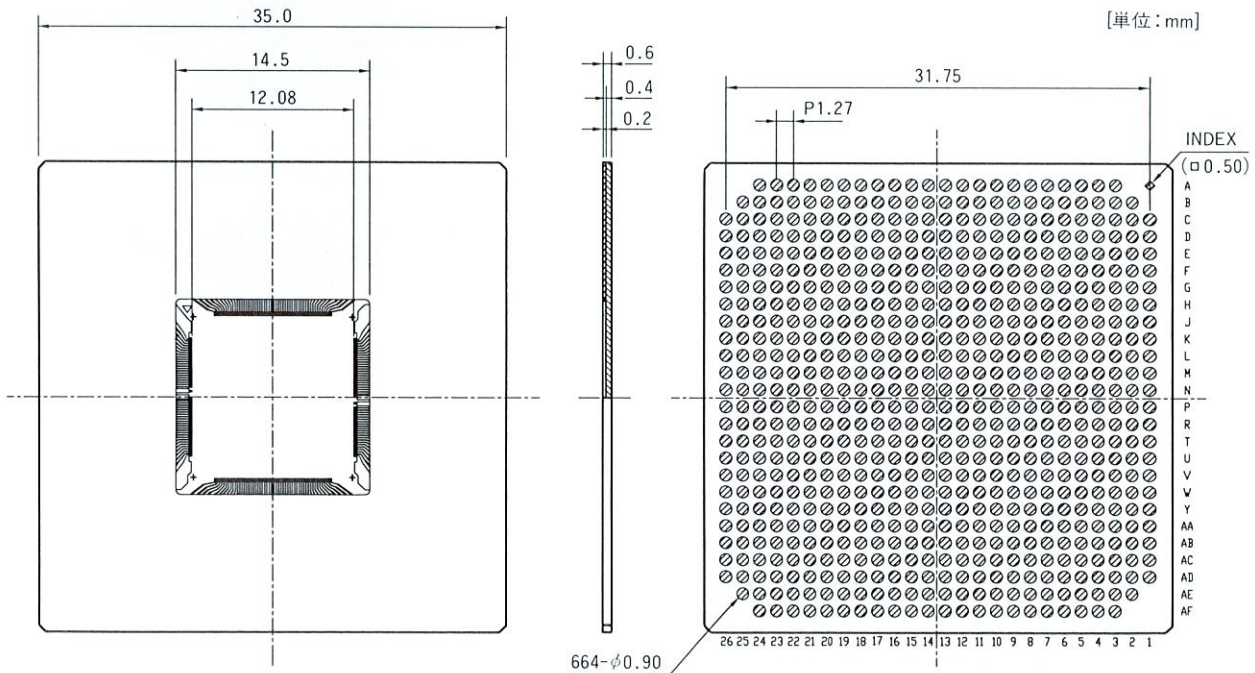


図 3. 218 I/O BGA パッケージ 信号入出力用の 218 個のランドのほかに、446 個のサーマルボール用ランドを設けており、全ランド数は 664 である。

BGA package with 218 I/O

に、446個のサーマルボール用ランドを設けており、全ランド数は664である。パッケージ基板サイズは□35mm×0.6mm厚、ランド径0.9mm、ランドピッチ1.27mmである。

微細配線技術を駆使し、配線を1層で引き回すことにより、基板厚み0.6mmの薄型構造とコストダウンを実現した。さらに、電気めっき線による高周波特性の劣化を防ぐため、無電解めっき技術を開発した。

直径0.89mmのはんだボールを使用してプリント基板に実装した後の、プリント基板からパッケージ上面までの実装高さは2mm以下である(図4)。

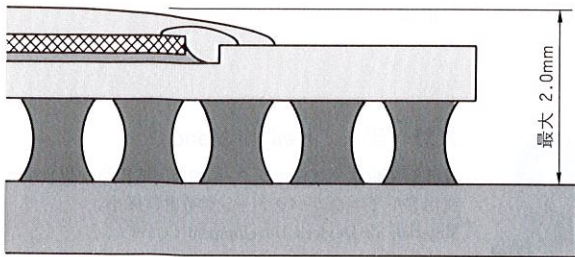


図4. 実装後断面 基板厚みを0.6mmと薄型化することにより、実装高さ2mm以下を実現した。

Cross-sectional view of package mounted on printed wiring board

### 3 放熱特性

図5に、218 I/O BGAパッケージをプリント基板(サイズ114×76mm×1.6mm厚、6層)へ実装した状態での熱抵抗測定結果を示す。□8mmのパワートランジスタを使用し、

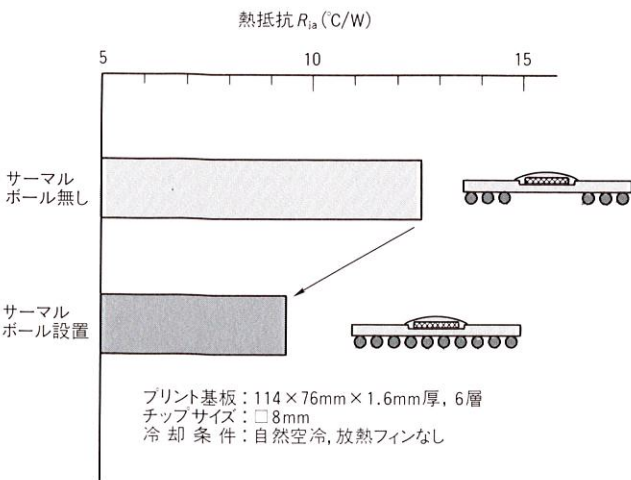


図5. 218 I/O BGAパッケージの熱抵抗 LSI直下にサーマルボールを配置することにより、約25%熱抵抗を低減した。

Thermal resistance of 218 I/O BGA package

エミッタとベース間の順方向電圧の温度依存性を利用してジャンクション温度を測定した。その結果、自然空冷下、放熱フィンなしの条件で、熱抵抗は9.4°C/Wであった。ジャンクション温度の許容温度上昇を50°Cとした場合、消費電力5WのLSIまで搭載することができる。

一方、サーマルボールを設けない場合について、熱伝導解析によりシミュレーションを行った結果、熱抵抗は12.6°C/Wであった。サーマルボールを設置することにより約25%熱抵抗が減少している。このことから、サーマルボールの設置により放熱性が大幅に向上できることが明らかである。

このように、今回開発したBGAパッケージを用いれば、放熱フィンを取り付けることなく自然空冷下で消費電力5WのLSIに対応することができ、機器の薄型化と高速動作(高発熱)に対処することができる。

### 4 電気特性

図6に218 I/O BGAパッケージの信号伝送特性を示す。

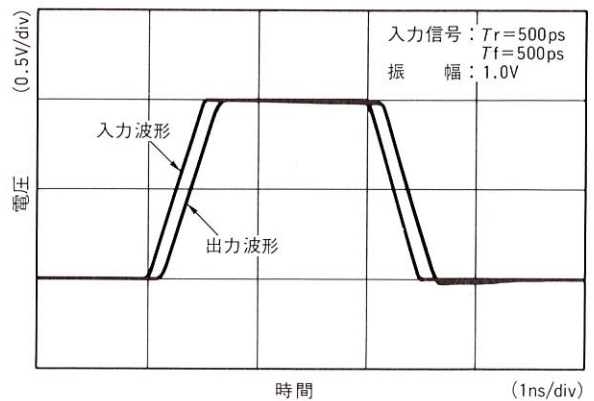


図6. 伝送波形シミュレーション結果 高速な入力信号(立上り・立下り時間500ps)に対する出力信号波形を示す。

Signal transmission waveform simulation result

これは、パッケージを評価用プリント基板に実装後、パッケージのワイヤボンディングパッドからプリント基板上のプローブパッドまでのSパラメータを測定し(測定周波数範囲45MHz~9.045GHz)、得られたSパラメータを用いて伝送特性シミュレーションを実施したものである。入力信号の立上り、立下り時間は500ps、振幅は1Vとした。図6から、ひずみのないシャープな出力信号が得られていることがわかる。また、配線遅延時間は約100psであった。

Sパラメータ実測値を基にフィッティング法により得られたパッケージ内配線のインダクタンス、キャパシタンスおよび抵抗を表1に示す。

表1. 開発した BGA パッケージの電気特性

Electrical performance of newly developed BGA package

| 項目      | フィッティング値<br>(対象線路：最長配線 10.0 mm) |
|---------|---------------------------------|
| インダクタンス | 4.4 nH                          |
| キャパシタンス | 2.3 pF                          |
| 抵抗      | 1.5 Ω                           |

## 5 信頼性試験結果

表2に、218 I/O BGA パッケージのプリント基板への実装後の接続信頼性試験結果およびパッケージ単体での機械的強度試験結果を示す。

接続信頼性の試験温度条件は 0°C (30 分)-室温 (5 分)-100°C (30 分) とした。その結果、900 サイクルまで接続不良は発生せず、民生、産業用レベルに適合した接続信頼性

表2. 信頼性試験結果

Results of reliability test

| 試験項目  | 条件  | 結果               |
|-------|---|------------------|
| 機械的強度 | MIL-STD-883D<br>METHOD 2002.3<br>CONDITION D<br>(1,500 G, 0.5 ms) | OK               |
|       | MIL-STD-883D<br>METHOD 1011.9<br>CONDITION D<br>(-65/150°C)       | OK<br>(300 サイクル) |
| 接続信頼性 | 0°C - RT - 100°C<br>(30 分) (5 分) (30 分)                           | OK<br>(900 サイクル) |

が得られている。

また、機械的衝撃試験および温度衝撃試験の結果から、今回開発したパッケージは基板厚みが0.6 mm と薄いにもかかわらず、パッケージに対する要求強度をもっているといえる。

## 6 あとがき

ノートブックパソコンや移動体通信機器など、高性能かつ小型化が要求される携帯情報機器に適合した、薄型で放熱性の大きい BGA パッケージを開発した。

今後も、ますます進展していく情報機器に適合するパッケージの開発を推進していく。



矢野 圭一 Keiichi Yano

材料部品開発・試作センター 開発・試作第一担当主務。  
窒化アルミニウムパッケージの設計に従事。  
Materials & Devices Development Center



浅井 博紀 Hironori Asai

材料部品開発・試作センター 開発・試作第一担当主務。  
窒化アルミニウムパッケージの開発に従事。日本セラミック協会、日本金属学会会員。  
Materials & Devices Development Center



岩瀬 暢男 Nobuo Iwase, D.Eng.

材料部品開発・試作センター 開発・試作第一担当参事，  
工博。窒化アルミニウムパッケージの開発に従事。電子情報通信学会，IEEE，SHM 会員。  
Materials & Devices Development Center