エレクトロニクスにおける
マイクロ接合技術の進展と課題

⑤ BGA/CSP の構造と実装上の課題*

弘 田 実 保**, 上 田 直 人***

弘田 実保

上田 直人

Structure and Subject of BGA/CSP Attractive New Packages*

by Jitsuho Hirota** and Naoto Ueda***

キーワード：LSI パッケージ，実装，リフローはんだ付，熱疲労，耐湿性

1. はじめに

携帯用の情報通信機器をはじめ様々な製品分野において、小形化、高機能化の要請は留まるところを知らない。これに応えるため、実装基板を小形・軽量化するための新しい半導体パッケージや、ベアチップを直接基板に搭載する技術などが開発されている。ここでは、新しいパッケージとして注目を浴びている BGA (Ball Grid Array) および CSP (Chip Scale Package) の構造、製造方法および基板実装における課題について述べる。

2. BGA の構造と実装上の課題

(1) 構造

BGA は、パッケージ下面に電極を有することから、1 mm 以上の広い電極ピッチでも比較的小形化が可能なため米国を中心に普及している。キャリア基板としてセラミックやテープを用いるものもあるが、ここでは、最も一般的な樹脂基板を用いるものを取り上げ図 1 に代表的な構造を示す。図から分かるように、樹脂基板にベアチップをダイボンド／ワイヤボンドした後、スルーホールを介してボール状のはんだ外部電極と導通をとる構造となっている。ここで、ピン数等の仕様によって使い分けられるが、低コスト化に有利等の理由からオーバーモールドタイプが主流である。

(2) 実装上の課題

はんだ付時の不良率は、現在量産で広く用いられている QFP (0.5 mm ピッチ) に比べはるかに低い。これは、構造上の利点であるピッチを大きくとれることによる。200 ピンクラスで QFP (0.5 mm ピッチ) と BGA (1.5 mm ピッチ) の量産での不良率は、QFP がピン当たり 100 ppm 程度であるのに対し、BGA では数 ppm 程度である。

構造からくる問題としてはキャリアとして樹脂基板を用いることから、基板のそりに起因するはんだ付不良(未

接合) や基板とモールド樹脂との界面および基板を通して浸入する水分が原因で発生する不具合(リフローはんだ付時のパッケージクラック等)が懸念される。

そりに関しては、常温では、モールド時の樹脂の収縮に起因してキャリア中央部が下に凸になる傾向があるが、リフロー時はこれが是正される方向の挙動があり、100 μ m 程度のソルダペースト印刷量があれば不良にはつながらないことが分かっている。これは、上記に示した量産での不良率が低いということからも裏付けられる。

次に吸湿についてであるが、LSI チップと周囲の樹脂との間に水分がたまると、リフロー時の加熱によって水蒸気となり急激に膨張しパッケージが割れる不具合が発生する。水の浸入経路としては基板内、モールド樹脂内もあるが、基板とモールド樹脂の界面が支配的と考えられている。ユーザでは防湿梱包を開封した後、はんだ付するまでの時間を制限し、期限を超過したものに対してはベーキングすることで対処している。一方、パッケージメーカでは基板上のソルダレジストとモールド樹脂との密着力を向上させるなどして、開封後はんだ付までの制限時間を延ばす検討を進めている。BGA をさらに普及させていくためには、この課題を解決することと、コスト面での改善が要求される。

<オーバーモールドタイプ>

<キャピティタイプ>

図 1 BGA の代表的な構造

*原稿受付 平成 8 年 3 月 1 日

**正 員 三菱電機㈱ Member, Mitsubishi Electric Corp.

*** 三菱電機㈱ Mitsubishi Electric Corp.

3. CSP の構造と実装上の課題

BGA より小形化を狙い、ベアチップサイズとさほど変わらない超小形のパッケージ CSP が日本の各社から相次いで発表され、開発が推進されている。ユーザはベアチップ実装には、チップの信頼性保証の問題やアセンブリ設備に対する莫大な投資が必要ということから、一部の対象を除き、二の足を踏むことが多く、CSP に大きな期待を寄せている。

(1) 各社提案の構造

各社から提案されている構造の概略図を図2に示す¹⁾。構造は下記のように大別される。

- (a) TAB タイプ (Tessera, NEC 他)
- (b) セラミックキャリアタイプ (松下電子, 東芝他)
- (c) リードフレームタイプ (富士通)
- (d) 樹脂封止タイプ (三菱)

ここでは、樹脂封止タイプとセラミックキャリアタイプの製造プロセスと特徴について述べる。

①樹脂封止タイプ CSP

基本構造を図3に示す²⁾が、基本的にはLSIチップ、封止樹脂およびはんだ電極のみから構成され、従来のボンディングワイヤやリードフレームがないため、小型化が容易である。

製造プロセスを図4に示すが、以下の5段階に分けられる。

・インナーバンプ形成

転写フレームにパターンニングされたCuバンプ上にインナーバンプ (高温はんだ) を形成する。形成法はソルダペーストを供給した状態でレーザ等で加熱する方式を

採用する (概念図を図5に示す)。

・チップ接続

上記インナーバンプとチップ電極を還元性ガス雰囲気中で加熱溶融接合する。

・樹脂封止

チップをトランスファーモールド法により封止する。

・フレーム剥離

Cu バンプとフレームの接着力を最適化することで、フレームを機械的に引きはがし、Cu バンプが樹脂から露出した状態をつくる。

・アウターバンプ形成

上記 Cu バンプ上に基板接続用アウターバンプ (共晶はんだ) を形成する。形成方法はインナーバンプと同様である。

②セラミックキャリア方式 CSP

基本構造を図6に、製造プロセスフローを図7に示す³⁾。Au バンプが形成されたチップとキャリア基板を導電性接着剤あるいははんだを用いて接続した後、樹脂封止する。この構造の特徴は、キャリア基板を用いることにより、基板実装に適した電極ピッチに容易に拡大でき、また、チップ/基板の熱膨張率差を吸収できることである。

キャリア基板としては、微細パターン形成、スルーホール形成等の微細加工性に優れることや、チップと熱膨張率が近いなどの理由から、 Al_2O_3 、 AlN 等のセラミック基板が適している。但し、低コスト化の要求や基板実装はんだ付部の長寿命化の要求に応えるため、樹脂系の基板の適用が検討されており、ビルドアップ法による配線形成技術を用いれば、樹脂系の基板でも要求仕様を満足

図2 各社提案のCSPの構造

図3 樹脂封止タイプCSPの構造と電極部断面構造
(a) 外観 (b) 断面

することが可能となってきた。今後は、コスト、性能等総合的な比較評価により取捨選択されていくと考えられる。

(2) 樹脂封止タイプ CSP の実装上の課題

ここでは、樹脂封止タイプ CSP を取り上げ、その実装上の課題（下記①～③）についての検討結果を示す。

- ①搭載位置ずれ
- ②はんだ付部の熱疲労特性
- ③リフロー時のクラック耐性

①搭載位置ずれ

CSP は電極ピッチが 1 mm 以下の領域を狙うため、高精度の搭載が要求される。ここでは、溶融はんだの表面張力に基づくセルフアライメント効果により、搭載時に発生した位置ずれがどの程度修正されるかを検討した結果を示す。

搭載時の位置ずれ量の許容範囲を図 8 に示すが、基板にはんだ印刷を行う場合、基本的には溶ダペーストとはんだバンパが接触していれば、セルフアライメント効果により所定的位置に戻り、良好なはんだ付結果が得られることが確認できた。

②はんだ付部の熱疲労特性

CSP を基板にはんだ付した後、Si チップと基板の熱膨張差に基づく熱応力のはんだの疲労破壊をもたらす懸念がある。100 ピン級サンプルの熱サイクル試験結果およ

図 4 樹脂封止 CSP の製造プロセス

図 5 はんだバンパ形成プロセス

図 6 セラミックキャリア方式 CSP の構造

図 7 セラミックキャリア方式 CSP の製造方法

図 8 位置ずれ量とセルフアライメント効果

びシミュレーション結果を表1に示す⁴⁾。ベアチップ実装に比べ長寿命になっていることが判るが、これは、パンプがパッケージ内部と外部の2段構造となっているために応力緩和特性に優れているためと考えられる。現在、さらに高い疲労特性を実現するための構造および材料の検討が進められている。

③リフロー時のクラック耐性

1000ピン級サンプルを用い、125°C、24Hrベーク後、85°C、85%の環境下で6、24、48Hr保存し、235°Cで1Rリフローした後、パッケージクラックを外観チェックと超音波頭微鏡観察で評価した結果を表2にまとめる⁴⁾。表から不具合は発生していないことが分かる。なお、48Hr保存はこのパッケージのほぼ飽和吸湿条件であり、この条件下でも問題ないことが分かる。

4. おわりに

半導体パッケージとして普及し始めたBGAと、さらなる小形化を実現するCSPについて、その構造、製造方法および基板実装における課題について述べた。

これらのパッケージは、コスト面も含め現時点では100%ユーザ側の要求を満たしてはいないが、携帯機器を中心とした製品の小型・軽量化の要求に応える有力な手段として、とくにベアチップ実装と比較した場合、現状のSMTのラインを用いて実装が出来ること、信頼性確保およびリペア性の面で有利などの点からユーザの期待は大きく、一刻も早くその期待に応えるべき開発が加速されている。

表1 CSPの熱疲労特性評価

サンプル仕様	評価結果			シミュレーション	
	0cyc	200cyc	500cyc	$\Delta\epsilon_t$ (%)	NI(50) (cycle)
ベアチップ	0/20	7/20	19/20	3.534	112
CSP	0/10	0/10	4/10	1.832	478

テスト条件：-40/125°C

表2 CSPのリフロークラック評価

(不良発生個数/評価個数)

85°C/85%Rh 保存時間	外観クラック	チップ/樹脂剥離
6Hr	0/5個	0/5個
24Hr	0/5個	0/5個
48Hr	0/5個	0/5個

処理手順
125°C 24Hr ベーク
↓
85°C/85%Rh 保存
↓
IRリフロー(235°C MAX)

参 考 文 献

- 1) 春日 表面実装技術 Vol. 5 No. 11 p 2
- 2) 上田 表面実装技術 Vol. 5 No. 11 p 33
- 3) 野津 表面実装技術 Vol. 5 No. 11 p 26
- 4) 上田 25th INTERNEPCON JAPAN' 96 SEMINER 資料

溶接に関する国際行事の御案内 (1997)

会 議 名	日 時	開 催 地	会議用語	主 催 (連絡先)
11) Conference Jubilaum: "100 Jahre DVS und Schweißtechnische Gemeinschaftsarbeit" (100 years of DVS cooperation in welding technique)	16-18 April	Berlin GERMANY	German	Deutscher Verband für Schweißtechnik (D. V. S.)- Postfach 101965 D-40010 Düsseldorf GERMANY Fax: +49.211.1591200
12) Euromat 97 Fems Conference on: "Materials Functionality and Design"	21-23 April	Maastricht THE NETHERLANDS	English	Bond voor Materialenkennings (BVM) Postbox 390, 3330 AJ Zwijndrecht, THE NETHERLANDS Fax: +31.78.195735
12) EUROWELDING 97-Part "Welding" of International Engineering Fair	May	Nitra SLOVAKIA	—	Agrokomplex-Výstavnictví Výstavná 94901 Nitra-SLOVAKIA Fax: +42.87.35986