印刷工法によるウエハレベルCSPパッケージの開発

村上 武彦*

The Development of the Wafer CSP Package by the Print Method

Takehiko MURAKAMI*

* ミナミ株式会社（〒183-0026 東京都府中市南町5-38-32）

* Minami Co., Ltd. (5-38-32 Minami-cho, Fuchu-shi, Tokyo 183-0026)

半導体デバイスの処理速度の高速化とデバイス自体の小型化が進むことから、パッケージの小型薄型実装化が要求され、究極のウエハレベルCSPとフリップチップパッケージスタイルに移行する現在のトレンドは間違いないと思われる。CSPの半導体デバイスに占める割合はまだ1%にも満たない状況だが、今後は徐々にシェアを上げていき、2009年ごろには半導体の全出荷量の10%を占めるまでになると推測される。また、1個のCSPデバイスの性能をあげるため、はんだバンプの直径とピッチを小さくし、外部接続端子となる電極数は現在の数倍、数十倍になる流れがある。今回は、これまでに紹介したスクリーン印刷工法によるはんだバンプの形成技術を展開してウエハレベルCSPパッケージを開発した。

図1にパッケージサンプル写真、図2に断面構造図を示す。

図1. WLCSPパッケージサンプル

WL CSP Figure of structure

図2. WL.CSP断面構造図

1. 工程の説明

まず、ウエハパッド上に銅またはニッケル-金によるUBMポスト形成を行う。次に2次電極部への再配線のためのめっきを行いウエハめっき工程による再配線を完了する。

その上にポリイミドによる絶縁コートとして部分的にダム印刷をして、電極端子部分に応力緩和のためのバンプとして1回目のはんだ印刷を行いリフロー工程を経て第1バンプを形成する。この応力緩和のはんだバンプを支えるポリイミド絶縁層を第1バンプの上面を覆う高さに印刷し、表面研磨により表面を整える。次に研磨により露出した第1バンプの電極の上に接続端子となる、2回目のはんだバンプを印刷し、リフローにより加熱しはんだバンプの形成を完了する。

最後に洗浄、検査の工程を経てウエハレベルCSPが完成となる。

これが印刷工法によるパッケージングの工程でありUBMポスト形成および再配線めっき以外のはんだバンプと絶縁層の樹脂形成はすべて印刷工法によって完成される。

主な工程は以下の手順となり概念図を図3に示す。

- (1) ウエハ処理 UBM ポスト形成
- (2) 再配線(RDL) Ni-Au めっき処理

WL CSP Process

図3. 工程概念図

- (3) ポリイミド（ダム）部分印刷コーティング
- (4) 第1はんだバンプ印刷
- (5) リフロー（1st バンピング）
- (6) 応力緩和絶縁層（ポリイミド）印刷
- (7) 表面研磨
- (8) 第2はんだバンプ印刷
- (9) リフロー，洗浄（2nd バンピング）
- (10) 検査，CSPパッケージ完成へ

2. 各工程の特長と工程写真の説明

図4ではポリイミドダム[†]印刷および応力緩和第1はんだバンプが形成されており，印刷による細密樹脂印刷とはんだ印刷によるバンプ形成が実現されている。

WL CSP 1st Bump

図4. ダム印刷および第1バンプ

WL CSP 2nd Pi coat

図5. ポリイミド樹脂印刷

WL CSP Surface grinding

ポスト開口φ220μmPost

研磨後の厚み 80μm

図6. 表面研磨

図5, 6は応力緩和バンプを支えるポリイミド樹脂印刷とその表面研磨を行い第1はんだバンプの電極を露出した状態。ここでは絶縁コートポリイミド樹脂の厚塗り印刷120

WL CSP 2nd Solder bump print

図7. 第2はんだバンプ印刷

WL CSP 2nd Bump after reflow

図8. 第2バンプリフロー後パッケージ

WL CSP Section view

Bump cross section view

図9. パッケージ断面

図10. 実装後の断面

ミクロン以上がメタルマスクにより実現している。

前ページ図7, 8は接続用第2はんだバンプの印刷とリフロー洗浄後のボール形状を示す。はんだ印刷およびリフロー炉は半導体ウエハバンプ用装置として開発した一連の装置として完成したものである。

最後に前ページ図9, 10はチップ断面形状およびその実装後の断面形状を示す。

画像の示す通り、第1バンプが応力緩和層としてポリイミド樹脂にしっかりと保持されて、接続用電極の第2バンプとつながっている。実装後の断面でも、バンプ形状がきれいに維持されている。

このようにスクリーン印刷によるCSPはんだバンプ形成が従来主流であった、はんだめっき法⁺やボールマウント法⁺に対してひけをとらない安定したボール形成が可能であり、パッケージ実装後にも問題がないことを実証した。

さらにスクリーン印刷法によるCSP工程では従来のフォトリソ工程を必要としためっき工法に比べて工程の簡略化と生産性の向上が可能となり大幅なコストダウンが期待できる。

3. 各工程に使用した印刷機および特殊リフロー装置

印刷工法ウエハレベルパッケージに使用した印刷およびリフロー装置として、図11~15に示す半導体パッケージ用

として独自に開発された印刷機およびリフロー炉が用意された。

図11の印刷機MK-838、およびMK-1208はそれぞれ4~8インチおよび8~12インチウエハのはんだおよび樹脂印刷の対応ができる。

どちらも独自の特殊印刷機能としてロータリースキージユニットおよびエヤバック加圧版離れ機構が装備されている。

図12はロータリースキージユニットの外観、図13はロータリースキージ部の構造図を示す。ロータリースキージ機構で印刷される、はんだペーストはスキージユニット内にすべて保持されており、印刷時にマスク接地して供給される時以外は完全にマスク表面から離れて印刷の繰り返しが行われるのはんだペーストの経時安定性や不要廃棄インクの改善効果大きい。

図14はエヤバック加圧半離れ機構の模式図を示す。印刷

WL CSP

ロータリースキージの構造

図13. ロータリースキージの構造

エヤバック静圧方式(加圧チャンバー)

図14. エヤバック加圧半離れ機構

WL CSP はんだ印刷機

MK-838SV(6インチ、8インチ)

MK-1208SV(8インチ、12インチ)

図11. はんだおよび樹脂用印刷機

ロータリースキージ ユニット外観

図12. 印刷機ロータリースキージの外観

WL CSP 真空リフロー炉

ロータリーチャンバー部

図15. ロータリー式、真空リフロー炉

マスクとスキージユニット部は密閉された空間となっており、内部に設置されたエアバック風船が膨らむことによりマスク内側の気圧を上げることで、印刷されたペーストインクをマスクから押し出す補助をしており、細密印刷および高アスペクト印刷における効果が高い。

図15のロータリー式真空リフロー炉では30 ppm以下の酸素濃度と窒素充填によるプレヒートゾーンとメインのはんだ溶融チャンバでは2段式機密室となっておりバキュームを行うことにより完全な真空チャンバとなっている。これにより印刷工法の不安要素として懸念されたはんだペーストに含まれる液状成分の蒸発ガスによるボイド発生を完全に除去できた。

4. 印刷工法によるウエハレベルCSPの優位点を以下に述べる

- (1) 応力緩和ポストおよび接続はんだバンプが同一金属であり、接続強度が一定である。
- (2) はんだペースト印刷によるポスト形成のため、鉛フリー3元合金はんだ($\text{Sn}_3\text{Ag}_{0.5}\text{Cu}$)の使用が可能である。
- (3) 製造工程の簡素化により、リードタイムを短縮でき

る。

- (4) 初期開発治工具費用の削減が可能である。
- (5) めっき工法と比較し、初期投資設備費用が小さい。
- (6) 特に大口径ウエハでは1回の印刷工程ではんだバンプの形成ができるので、大幅なコスト低減が可能となる。

(2007.7.27-受理)

†用語解説

ポリイミドダム：再配線後の電極ポスト部にはんだ印刷を行いリフローした場合電極配線側にはんだが逃げないように、また電極間のショウト防止のために配線をカバーする。

めっき法：ウエハ上にはんだバンプを形成する手段としてウエハ上の必要パットに部分的にはんだめっきを行いリフロー加熱により、はんだバンプを形成する方法。

ボールマウント法：ウエハ上にはんだバンプを形成する手段としてウエハ上の必要パットにあらかじめフラックスを塗布してその上にはんだボールを乗せてリフロー加熱により、はんだバンプを形成する方法。