In系はんだによる狭ピッチフリップチップアタッチ接合技術

荏司 郁夫*, 山田 毅*, 木村 英夫*, 藤内 伸一*, 折井 靖光*

Flip Chip Attach Technology for Fine Pitch Connection by In Alloy Solder

Ikuo SHOHJI*, Takeshi YAMADA*, Hideo KIMURA*, Shinichi FUJIIUCHI* and Yasumitsu ORII*

*日本アイ・ピー・エム株式会社野洲事業所電子回路部品技術（〒520-23 滋賀県野洲郡野洲町三宅800）

*Card Engineering, IBM Japan, Ltd. Yasu (800 Ichimiya, Yasu-cho, Yasu-gun, Shiga 520-23)

概要 市販のワイヤボンディング用チップを、樹脂系プリント配線板上にフリップチップアタッチ接続する、OMB/FCA(Other Metal Bump/Flip Chip Attach)実装技術を開発した。本方式では、チップ側に形成された金バンプと基板上に形成されたIn系はんだを接合させることにより接続を得る。基板側のはんだにIn-40Sn-20Pb(wt%)三元はんだを用いると、金とはんだの境界部にはAu-In系の金属間化合物相が形成される。このAu-In系の化合物相は、反応速度の速いAu-Sn反応を抑制するバリア層として働き、接続部の信頼性を高めていることがわかった。In-40Sn-20Pbはんだを用いたOMB/FCA実装方式を用いることにより、複数の供給元からなる多品種チップによるMCM-L(Multi Chip Module-Laminate)の構築を可能にした。

Abstract

A new Flip Chip Attach (FCA) technology, which attaches bare chips designed for a wire bonding connection on epoxy base substrates, has been developed. In this method, Au bumps formed on chip side are jointed to Cu pads on the carrier with In-40Sn-20Pb (wt%) solder. As a result of X-ray analysis, it is found the AuIn₂ intermetallic compound layer is formed on the boundary between Au and In-40Sn-20Pb solder and that the formation of that layer improves the reliability of joint by providing the function as a barrier of Au diffusion in the solder. Utilizing this technology, we succeeded in building up MCM-L (Multi Chip Module-Laminate) by multiple vendor chips.

Key Words: FCA, Wire Bonding, In-Sn-Pb, MCM-L

1. はじめに

PDA(Personal Digital Asistant)や PHS(Personal Handy phone System)などの個人用携帯機器や、ノート型パソコンおよびサブノートパソコン等の普及により、電子機器の低コスト化および軽薄短小化がますます進んでいる。それに伴って実装技術にも同様の要求がなされるようになり、樹脂系プリント配線板上に半導体チップを直接搭載するベアチップ実装が注目されている。ベアチップ実装法の中でも、フリップチップ実装法は実装サイズが最小で、接続部の電気的特性に優れている等の利点を持っているため、近年最も期待される実装法である。

FCA(Flip Chip Attach)法は、セラミック基板などよりもより安価な樹脂系プリント配線板であるSLC(Surface Laminar Circuit)基板上に、フリップチップ実装を可能にしたテクノロジーである。本技術は日本アイ・ピー・エム野洲研究所において開発され¹⁾、現在、野洲工場において量産化されている。FCA接続部は、図1(a)に示したようなチップ側の高融点のはんだと基板側のSn-37Pb(weight%,以下すべてweight%)共晶はんだの2種類のはんだから形成されてい

る。チップ側の高融点のはんだはチップのAlパッド電極上に直接形成できないため、バンプ形成の前処理でspatteringなどの真空プロセスによってチップのAlパッド電極上へ、Cr, Cu, Auなどの金属薄膜層を形成する必要がある。そのため、一般にコスト高となる真空プロセスを必要とするため、設備投資的な問題からFCA用のチップの供給元は限られるようになっていた。

このような状況のもと、ワイヤボンディング法を応用したチップのAlパッド電極上に直接Auバンプを形成する方法が開発され、導電性接着剤を介してセラミック基板上へ実装した実用例も報告されている²⁾。また、接着剤を用いた同様の方式により樹脂系基板において実用化された例も報

図1. 接続部断面模式図

告されているが³⁾、接続抵抗が小さく一括リフローが可能である等の利点をもつはんだ接合による樹脂系基板上への実装例の報告はない。我々はこれまでに、ワイヤボンディング用にデザインされたチップをIn系はんだにより、SLC基板上に安価にフリップチップ実装するOMB (Other Metal Bump)/FCA技術を開発してきた^{4)~6)}。本論文では第2, 3章でOMB/FCA実装方式の開発において行った狭ピッチ接合部の各種評価試験結果について述べ、第4章で信頼性試験結果および応用例を示す。

2. 実験

2.1 熱サイクル試験

OMB/FCA接続では、チップ側のパンプ材がSn-Pb系のはんだからより固い材質のAuに変わる(図1(b)参照)。そのため、フリップチップ接続に特有のチップと基板材の熱膨張係数の差から生じる熱ストレスを緩和するためには、基板側のはんだ材の選択が重要となる。我々のシミュレーション結果⁴⁾から、FCA接続部を樹脂封止した後に接続部にかかる熱応力は、はんだ材の材質による影響はほとんど受けないが、樹脂封止前の状態でははんだ材によって熱応力が大きく変化することがわかっている。このことからOMB/FCA接続部においては樹脂封止の前工程(リフロー時の冷却等)で生じる熱ストレスを克服することが最重要課題であった。そこで、接続部に樹脂封止を施さないサンプルを用いて、熱サイクル試験を行った。表1に熱サイクル試験の試料と試験条件を示した。熱サイクル試験は10サイクルごとに接続部の抵抗を四端子法により測定し、オープンフェイルが発生するまで行った。接続部のはんだ材としては、従来のFCA法で使用されているSn-37Pb、熱応力の緩和を目的とした2種類のIn系はんだ、および比較のために従来のFCA法によるもの(チップパンプ:Pb-5Sn,基板側パンプ:Sn-37Pb)を用意した。

2.2 接合部の金属間化合物

OMB/FCA法では、チップ側のパンプがAuであるため、Auとはんだとの境界部に金属間化合物相が形成される。Sn系のはんだでは液体はんだ中へのAuの拡散速度が著しく速いため⁷⁾、Sn-Au系の金属間化合物相の過度の成長、およびはんだ中へのAuの拡散によるはんだの脆化が懸念される。そこで2.1で用いた2種類のIn系はんだとAuパンプからなる接合部に対し、X線による元素分析および金属間化合物相の定量分析を行った。

表1. 熱サイクル試験試料および条件

chipサイズ	: 6×6mm
電極ピッチ	: 150 μm
基板	: 0.7mm厚SLC基板
樹脂封止	: なし
熱サイクル試験条件	: 温度差100℃, 3cycles/hr

3. 実験結果および検討

3.1 熱サイクル試験結果

図2に熱サイクル試験結果を示した。AuパンプとSn-37Pbはんだによる接続部では、10サイクル程度から接続部の破断によるオープンフェイルが発生している。図3に、オープンフェイルの発生した接続部の断面観察結果を示した。AuとSn-37Pbはんだの組み合わせによる接合部においては、Siクレタリング、Alパッドクラック、はんだ材中のクラック、Auとはんだとの境界部に生じたクラックの4つの種類のクラックが観察された。このうちAuとはんだの境界部に発生したクラックについては、はんだ中へのAuの溶出を極力抑制するために、はんだの溶融時間を30秒以下に調整したりフロープロファイルを用いたために、境界部においてAu-Snの反応が十分に進行しなかったためであると考えられる。また、その他の図3(a)-(c)のクラックに

図2. 熱サイクル試験結果

図3. AuとSn-37Pbはんだによる接合部に生じたクラック

については、熱サイクル過程において、形状的に応力の集中しやすい部分に発生し進行したものと考える。

一方、In系はんだを用いたOMB/FCA 接続部は図2より実プロセス上十分な熱疲労寿命をもち、その寿命値は6 mm角サイズのチップにおいては従来のFCA 法による接続部と比較してもIn-40Sn-20Pbは2倍、In-48Sn は4倍程度の寿命値をもっていることがわかる。また、接続部の破断モードについても、図3(c)と同様のはんだ自身のクラックのみが観察されており、接合部に不具合が生じた場合にもリワークが容易にできることがわかった。図2の結果からIn-48Sn はんだが最も長寿命値をもっていることがわかったが、その融点が118℃と、従来のFCA法で用いているSn-37Pb はんだのそれ(183℃)とは著しく異なる。そこで、従来のFCAプロセスへの導入が容易であるという点から、OMB/FCA法のはんだ材としてIn-40Sn-20Pbはんだを選択した。

3.2 金属間化合物評価結果

図4に、In-40Sn-20PbはんだとAuからなる接続部のX線による面分析結果を示した。図4より、Auははんだ中へほとんど拡散していないことがわかる。また、Auとはんだとの境界部にはInが存在していることがわかる。このことよりAuバンプとIn-40Sn-20Pbはんだの境界部にはAu-In系の化合物が形成されていることがわかる。

さらに境界部の定量分析結果より、形成されている化合物の組成比(at%)はAu:In=1:2であった。このことより、OMB/FCA接続部のAuバンプとIn-40Sn-20Pb はんだの境界部には、Au-Sn系ではなくAu-In系の金属間化合物である AuIn_2 が形成されていると考えられる。この境界部に形成された AuIn_2 相は、はんだ中へのAuの拡散を抑制するバリ

ア層として働き、Auの溶出によるはんだの脆化を防止していることがわかった。

In-48SnはんだとAu による接合部においても図4と同様の面分析結果が得られたが、形成された金属間化合物相が薄かったため、定量分析による化合物相の同定はできなかった。In-48SnとAu の境界部については今後も引き続き調査を行っていく。

以上のように、AuバンプとIn-40Sn-20Pbはんだとの組み合わせによる接続部においては、境界部に反応速度の速いAu-Sn系ではなく、Au-In 系の金属間化合物相が形成されることにより、接続部の信頼性を向上させている。

4. 実用化検討および実用例

今回開発したOMB/FCA 実装方式による接続部の信頼性を調べるために、熱サイクル試験および高温高湿バイアス試験を行った。試験試料を表2に、試験結果を表3に示した。はんだ材としてはIn-40Sn-20Pbはんだを選択した(3.1参照)。表3のいずれの試験結果も従来のFCA 接続部のものと同等レベルであり、OMB/FCA 接続部は高い信頼性をもつことがわかった。

図5にOMB/FCA 実装方式による実用例を示した。本ICカードはセルラー機能付きのワイヤレスFAX モデム通信機能をもち、現在、日本アイ・ビー・エムの野洲事業所

表2. 信頼性試験試料

chipサイズ	: 7.7×7.7mm
電極ピッチ	: 235 μm
I/O数	: 109
基板	: 0.7mm厚SLC基板
樹脂封止	: あり

図4. X線による面分析結果

表3. 信頼性試験結果

試験条件	サイクル数	ファンクション 異常発生率	サンプル数
熱サイクル試験 温度差115℃, 3cycles/hr	5000	0%	20
高温高湿バイアス試験 85℃, 85%R.H., 5.5V	1500hr	0%	30

図5. 本方式による実装例 (PCMCIA Wireless WAN card)

において量産されている。このカードでは、3つの供給元からなる5つのワイヤボンディング用チップがSLC基板上に搭載されている。5つのチップのうち、最も狭ピッチのものは140 μ mピッチの電極をもっている。このように、我々は OMB/FCA 実装方式を用いることにより、市販のワイヤボンディング用チップをフリップチップ実装することに成功し、複数の供給元からなる多品種チップをMCM-L (Multi Chip Module-Laminate) の形で実装することに成功した。

5. まとめ

ワイヤボンディング用チップを、はんだ接合によりフリップチップ接続するOMB/FCA 実装方式を開発した。以下に今回の開発の成果をまとめる。

- 1) OMB/FCA 実装方式により、市販のワイヤボンディング用チップを樹脂系プリント配線板上にフリップチップ実装することを可能にした。
- 2) OMB/FCA接続部のはんだ材として、In-40Sn-20Pb

三元はんだを用いることにより高信頼性を得た。

3) 接続部のAuバンプとIn-40Sn-20Pbはんだの境界部には、Au-Sn系ではなくAu-In系の金属間化合物相が形成される。

4) 境界部に形成されたAu-In系の金属間化合物相は、はんだ中へのAuの拡散を抑制し、接続部の信頼性を高めている。

5) OMB/FCA 実装方式を用いることにより、複数の供給元からなる多品種チップによるMCM-Lの構築を可能にし、その量産化に成功した。

(1996.7.3-受理 1996.8.26-再受理)

文 献

- 1) Y.Tsukada, S.Tsuchida and Y.Mashimoto: "Surface Laminar Circuit and Flip Chip Attach Packaging", Proc.7th IMC, pp.252-258, May.(1992)
- 2) 戸村善広, 別所芳広, 塚本勝秀, 面屋和則: "SBB方式によるCOB実装技術", National Technical Report, Vol.39, No.2, pp.90-97, Apr.(1993)
- 3) 松本 優, 藤井 明, 角井和久, 神谷佳久, 佐々木康則, 吉良秀彦: "ソルダレスマイクロボンディング", 第42回マイクロ接合研究委員会資料, 溶接学会マイクロ接合委員会編, pp.17-26 (1994)
- 4) Y.Tsukada, N.Watanuki, S.Okamoto and I.Shohji: "The Design of Flip Chip Joint by Other Metal Bump", Proc. 8th IMC, pp.419-424 (1994)
- 5) 荘司郁夫, 山田 毅, 木村英夫, 折井靖光, 藤内伸一, 酒井俊廣: "ワイヤボンディング用チップを用いたフリップチップアタッチ実装技術", Proc. of Mate '96 Symposium, pp.17-22 (1996)
- 6) I.Shohji, T. Yamada and H. Kimura: "Flip Chip Attach Technology by Au Bump and In Alloy Solder", Proc. 9th IMC, pp.314-317 (1996)
- 7) H.Berg and E.L.Hall: "Dissolution Rates and Reliability Effects of Au, Ag, Ni and Cu in Lead Base Solders", Ann. Reliability Physics, Proc. IEEE Vol.11, pp.10-20 (1973)