

Title	半導体パッケージの超微細はんだ接合における合金層形成が信頼性に及ぼす影響
Author(s)	折井, 靖光
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59902">https://hdl.handle.net/11094/59902</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【31】

氏 名	おり 井 やす 靖 かつ 光
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 5 6 4 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科ビジネスエンジニアリング専攻
学 位 論 文 名	半導体パッケージの超微細はんだ接合における合金層形成が信頼性に及ぼす影響
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 上西 啓介 (副査) 教 授 藤本 公三 教 授 大村 悦二

### 論 文 内 容 の 要 旨

情報通信技術や情報社会の発展に伴い、社会が生成・管理する情報量が急速に増えてしまう現象を情報爆発と呼んでいる。このような情報爆発の時代では、膨大な数のセンサーやデバイスがインターネットに接続され、テキストや音声や画像・動画など様々な形式で絶え間なくデータが流し続けられ、ますます、膨大なデータを処理する高性能コンピューターシステムとサービスを受ける携帯機器が重要な役割を担うことになる。ここで問題となってくるのは、ハードウェア機器の高性能化に伴い、半導体チップとプリント配線板の間の接続ピッチが急速に狭くなってきていることである。その大きな波は、まず、携帯機器から始まった。携帯機器における高性能化の

要求から、従来のワイヤーボンディング接合から、フリップチップ接合に移行している。従来のワイヤーボンディングの패드配列を変更せずにフリップチップ接合をするため、パンブ間ピッチは狭く、50~80 $\mu\text{m}$ ピッチとなっている。そのような微細はんだ接合を実現するためには、従来のはんだパンブによる接合から、銅ポストを使ったはんだ接合にすることにより、接合高さを維持しながら、最小限のはんだ量で、接合間の短絡を回避できる。また、接合方法に関しては、低コスト化を実現するため、多数報告されている熱圧着ではなく、リフロー工法によって実現したが、リフロー直後のはんだ部に大きなボイドが観察される問題が発生した。今回の研究により、このボイドが、リフローによる接合過程の中で、冷却時に基板が反ることにより、液体状態のはんだが伸び、固まるときに収縮することによって形成されることを解明し、温度サイクル試験におけるはんだ接合の寿命とは無関係であることを確認した。一方、高性能コンピューターにおいて、高速化、低消費電力化の観点から、半導体デバイスの3次元積層化が必須の技術となり、そのために、従来、半導体デバイスとプリント配線板の間のピッチが、150 $\mu\text{m}$ であったものが、半導体チップ間で、50 $\mu\text{m}$ 以下と急激にそのピッチが狭くなってきている。このような超微細接合において、はんだ量は更に少なくせざるを得なくなり、そのため接合部すべてが、IMC (Intermetallic Compounds) となる。IMC接合にすると、融点が高くなるため、3次元積層デバイスのように、縦にチップをシーケンシャルに積層する場合に、繰り返しかかる熱履歴に対して、はんだが再溶融しないため、有効な接合新方法として注目されている一方で、IMCが硬い接合となるため、熱膨張係数が異なる異種間接合に働く熱応力に対してはより厳しくなる。そこで、Inはんだを金パッドに接続することより、AuIn<sub>2</sub>のIMCを形成させ、Modulusの小さいIMCにより、応力緩和の可能性を示した。また、チップ間の接続ピッチが狭くなると、接合部の面積も小さくなるため、電流密度があがり、エレクトロマイグレーション (以下EM) の問題も顕著になる。銅ポスト構造は、接合部において電流密度を平均化する効果があり、半導体チップ側の耐EMの効果を得られるが、電子が基板から銅ポストパンブに流れる方向において、プリント配線板の銅パッドがEMにより、消費される問題の解決にはならない。そこで、EM試験前に接合部をエージングにより高温放置をさせ、Cu<sub>3</sub>SnのIMCを成長させることにより、このIMC層がバリアの役割を果たし、耐EMの性能を大きく向上させることができた。このように、熱応力に強く、耐EMを持った超微細はんだ接合の研究は、携帯機器及びコンピューターの高性能化・低消費電力化に不可欠な次世代の半導体パッケージにおいて、最重要課題となっている。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

今後ますます、膨大なデータを処理する高性能コンピューターシステムとサービスを受ける携帯機器が重要な役割を担うと予想される状況に対して、両ハードウェア機器の高性能化のために、半導体チップとプリント配線板の間を狭ピッチで接続する技術の確立が課題となっている。

本研究では、従来のはんだパンブによる接合とは異なり、狭ピッチ接合に適していると考えられる銅ポストを使ったはんだ接合部における接合信頼性について検討を行った。

主な成果は、以下の通りである。

- 1) 半導体チップを可能な限り薄くすることは、接合時の欠陥発生抑制だけでなく、接合部にかかる応力を低減し、接合部の長期信頼性の確保に有効であることを明らかにした。
- 2) はんだ材料として、クリープ特性に優れ、かつ接合時の加熱・冷却の際、過冷却が起こりにくい材料を用いることにより欠陥発生を抑制できることを明らかにした。
- 3) 接合部形態として、銅ポストの存在は、銅ポストパンブに流れる平均電流密度を低減する効果があることをシミュレーションにより確認した。
- 4) 接合部内に予め金属間化合物層を形成することにより、高電流負荷によって生じるCuのはんだへのエレクトロマイグレーションを抑制することを実験的に確認した。
- 5) 積層チップを有機基板へ搭載した構造において、接合部にAuIn<sub>2</sub>層を形成することにより、接合剤の熱応力を緩和し、シリコン内部へ応力集中を和らげ、高い接合信頼性を示すことを明らかにした。

以上のように、本論文ははんだ微細接合部における化合物層が信頼性に及ぼす影響について、実験とシミュレーションの両手法から学術的に考察を深め、新しい接合部形態、材料、およびプロセスを提案するもので、今後の過酷な使用環境においても、高信頼を確保できる手法であることを実証している。これらの成果は、コンシューマからハイエンド機器にまで至る幅広い電子機器の実装分野において、高機能の実現と信頼性の確保を両立する接合技術として大きな効果が期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。