

低コスト・高信頼性CSPパッケージを実現するプラズマ処理技術

Plasma Cleaning Technology to Achieve Low-Cost High-Reliability CSP Packaging

野々村 勝
Masaru Nonomura

要 旨

プラズマ技術の応用で、CSP (Chip Size Package) パッケージのワイヤボンディング面は無電解金めっきの採用を可能にした。筆者らは、実装加熱工程で無電解金めっき表面にニッケル化合物が形成され、接合強度を低下させるメカニズムを解明した。これらの化合物を短時間かつ均一に除去し、接合強度の向上を可能にするプラズマクリーニング工法を開発した。

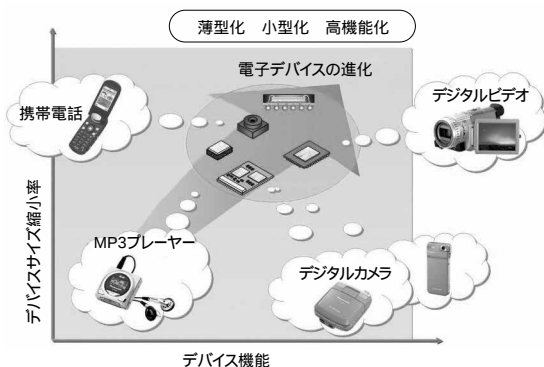
Abstract

This paper describes plasma surface cleaning technology as a method to increase reliability and achieve low-cost production for Chip Size Package (CSP) packaging.

We found that the nickel migration after the curing process is most critical pollution for wire bonding process. We have developed a new method to remove the nickel contaminants on the gold pads in a short time. By using the plasma cleaning process, we can improve the wire bonding ability and the reliability of semiconductor packages.

1. はじめに

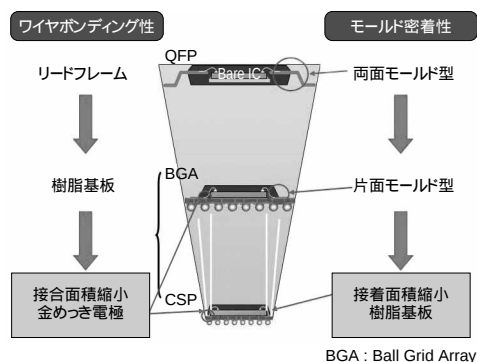
近年、普及を続けているデジタル機器においては、薄型化、小型化、高機能化が加速し、各機器に搭載される電子デバイスも進化を続け、半導体業界は急速に成長を続けている(第1図)。



第1図 デジタル機器、電子デバイスの進化

Fig. 1 Generation of digital products and semiconductor devices.

半導体業界のキーデバイスの1つにパッケージ部品が挙げられる。従来は、ベアチップとリードフレームをワイヤボンディング法で接続し、トランスファーマールドを施したQFP (Quad Flat Package) パッケージが主流であった。現在は、パッケージ部品の小型化、薄型化、ファインピッチ化が進み、樹脂基板にベアチップを搭載し、基板裏面にはんだボール電極を構成したCSPパッケージが普及している(第2図)。



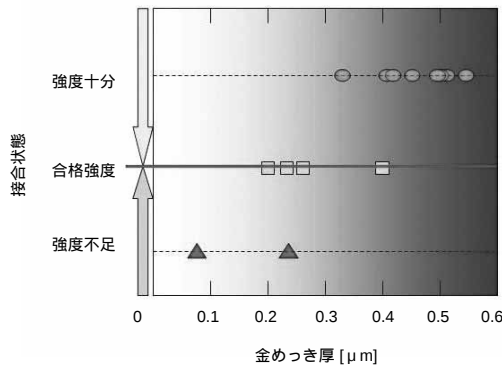
第2図 パッケージ部品の進化

Fig. 2 Changing of package design.

CSPパッケージの製造は、ベアチップと基板との接続を低価格で実績のあるワイヤボンディング法で行われることが多い。その場合、部分めっき法のコストが高いため、ワイヤボンディング用電極とはんだボール形成用電極は同一めっき処理で形成される。

2. 低コスト化に向けた金めっき電極の問題点

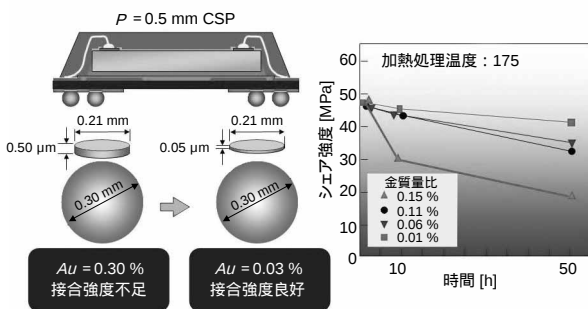
ワイヤボンディング面においては、金めっき膜厚が薄いほど、接着剤のキュア工程で金めっき表面に形成されるニッケルなどの化合物が増加し、接合性を阻害する¹⁾。したがって、ワイヤボンディング性を考慮すると、加熱後においても、金めっき表面が清浄であることが要求されるため、金めっき膜厚を厚くして接合性を確保しなければならない。第3図は、ワイヤボンディング強度の金め



第3図 ワイヤボンディング強度の金めっき膜厚依存性
Fig. 3 Wire bonding strength versus gold plating thickness.

つき膜厚依存性を示している。

一方、はんだボール形成電極においては、はんだボール形成時にはんだ中に金が溶出し、固溶限以上の金の含有でもろい金 - 錫化合物を形成するため、金めっき膜厚は薄くあるべきだとの報告がなされている²⁾。第4図に示すように、はんだボールに対する金めっきの質量比が大きいほど、高温環境にさらした場合の接合強度は悪化するという結果を得ている。今後、部品の小型化やファインピッチ化が進展すると、はんだボールに対する金めっきの質量比は増大するため、さらに金めっきの薄膜化が求められる。

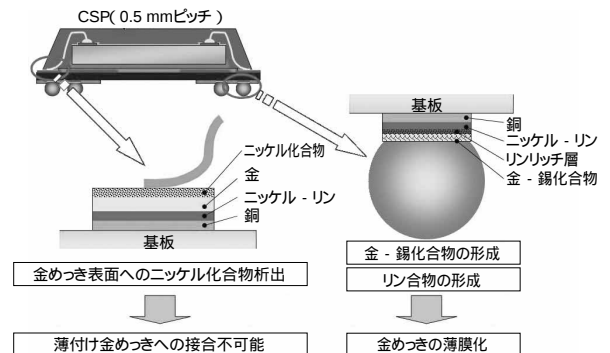


第4図 ボールシア強度の金めっき膜厚（金質量比）依存性
Fig. 4 Ball shear strength versus gold plating thickness.

また、高密度配線のために無電解めっきを用いる場合、金めっき下のバリア層であるニッケルめっきには、実用性の観点から、ニッケル - リンめっきを使用しなければならない。そのため、接合時にはんだボール形成面にリン化合物が形成され、はんだボール部の信頼性を低下させる。これらの現象は、部品のファインピッチ化ではんだボール径が小さくなっていく中、はんだボール部の接合強度確保のために、解決すべき大きな課題となっており、各メーカーが研究を進めている。

第5図は、ワイヤボンディング面とはんだボール面の無電解金めっきの構成を示している。

以上のように、ワイヤボンディング用電極とはんだボール形成用電極とでは、高信頼性確保のために求められる金めっき膜厚に矛盾が存在する。本論文において、この矛盾を克服するため、金めっき薄膜化に対しても良好なワイヤボンディングが可能となるプラズマクリーニング工法を紹介する。



第5図 CSPパッケージの無電解めっき構成
Fig. 5 Configuration of plating in CSP package.

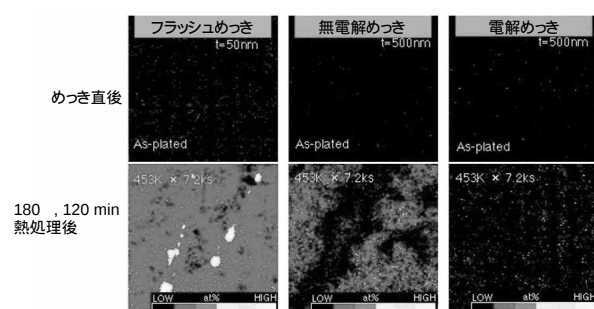
3. 金めっきの無電解化に向けた課題

現在、一般的に基板への金めっきには電解めっきが採用されている。電解金めっきの膜厚は0.5 μm～数μmで、この膜厚におけるワイヤボンディング接合信頼性は確保されている。

これまで、金めっき処理コスト、材料コスト削減を狙い、金めっきの薄膜化が検討されてきたが、ワイヤボンディング接合信頼性が低下するという問題があり、薄膜化を妨げていた。筆者らは、この技術的な課題について金めっき表面分析を中心に調査を行い、そのワイヤボンディング性の阻害要因を究明した。

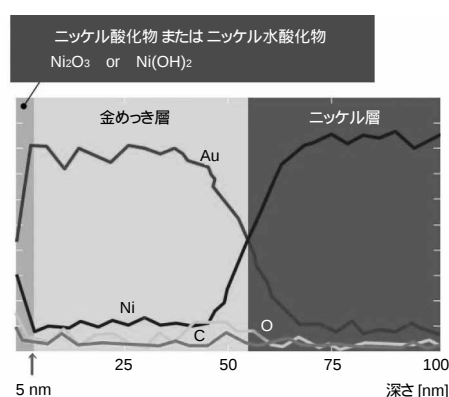
第6図は、各種金めっきの加熱処理前後の表面分析結果である。電解金めっき（0.5 μm）に比べ、フラッシュ無電解金めっき（0.05 μm）、無電解金めっき（0.5 μm）で加熱処理後のニッケル濃度が著しく高いことがわかる。この結果から、ワイヤボンディングの金 - 金接合強度を低下させている原因は、めっき処理時に金めっき中に拡散したニッケルが、加熱工程で金めっき最表面に移動し形成したニッケル化合物であることがわかった。

さらに、フラッシュ無電解金めっきのサンプルを深さ方向に表面分析した結果、金めっきの最表面から5 nm程度の深さにニッケル化合物層が形成されていることがわかる（第7図）。また、ニッケルの分布状態から下地のニ



第6図 加熱処理前後の金めっき表面のニッケル元素分布

Fig. 6 Nickel contaminant distribution on gold plating surface.



第7図 加熱処理後のフラッシュ無電解金めっきの深さ方向分析

Fig. 7 Depth profile on flash electro-less gold process.

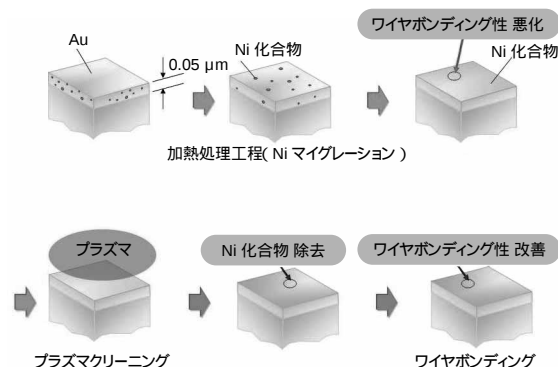
ッケル層から拡散してきたものではないこともわかる。

この最表面に局在したナノオーダーのニッケル化合物層を除去できれば、清浄な金めっき面を形成でき、フラッシュ無電解金めっきを用いても高信頼性ワイヤボンディングが可能になると考えられる。

そこで、筆者らは、フラッシュ無電解金めっき特有のナノオーダーのニッケル化合物層を短時間で、かつ均一にプラズマクリーニングにより除去し、良好なワイヤボンディング接合が可能であるかを検証した。

4. プラズマクリーニング技術開発

第8図に、プラズマクリーニングを用いた無電解金めっきの表面処理工法を示す。この工法では、ダイボンディングなどの加熱処理工程中に形成されたニッケル化合物層を、ワイヤボンディング工程直前にクリーニングする。金めっき中のほとんどのニッケルが加熱工程中に最表面に拡散するため、短時間でのクリーニングが可能になる。

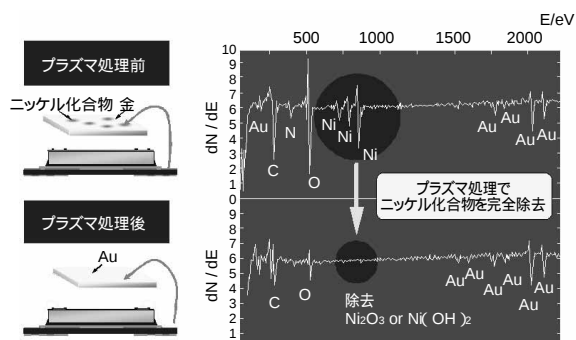


第8図 プラズマクリーニング処理方法

Fig. 8 Plasma cleaning processing flow.

4.1 プラズマクリーニングの効果確認

第9図は、当社で開発したプラズマクリーニング装置 (PC30B-HS) による、アルゴンガスを用いた約10秒間のプラズマクリーニング処理前後のフラッシュ無電解金めっき表面分析結果である。



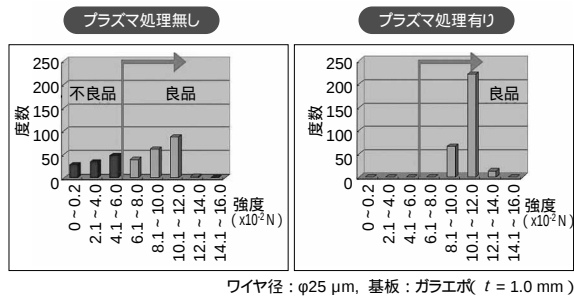
第9図 プラズマクリーニングを用いた金めっき表面クリーニング効果

Fig. 9 Effect of plasma cleaning for gold plating.

処理前のデータに含まれるニッケルのスペクトルピークは、フラッシュ無電解金めっき表面に形成されたニッケル化合物が検出されているものである。表面処理後のデータ中にニッケルのスペクトルピークが無いことから、プラズマクリーニングにより表面に形成されていたニッケル化合物層が完全に除去されたことがわかる。

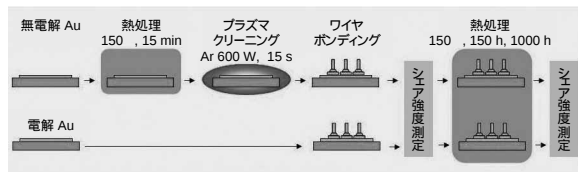
第10図は、プラズマ処理前後のワイヤボンディング接合強度比較を示したものである。ニッケル化合物層を除去した結果、十分な接合強度を得ることができた。

さらに、ワイヤボンディング接合強度の信頼性を0.05 μm 厚のフラッシュ無電解金めっきと、0.5 μm 厚の電解めっきとで比較検証した。第11図に、評価サンプルの作成方法を示す。フラッシュ無電解金めっきサンプルには、



第10図 プラズマクリーニング前後のワイヤボンディング強度比較

Fig. 10 Wire bonding strength before and after plasma cleaning.

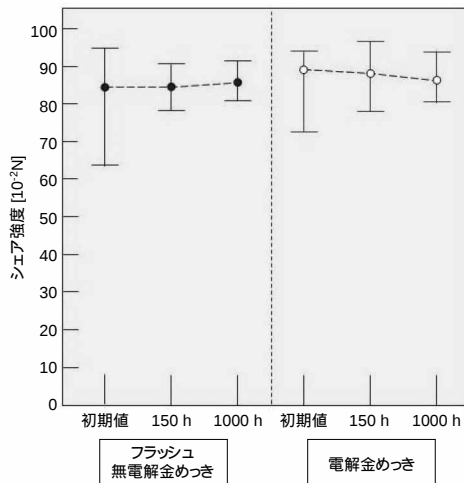


第11図 ワイヤボンディング接合信頼性評価サンプル作成方法

Fig. 11 Evaluation sample for reliability test.

150 ℃，15分の熱処理でニッケル化合物層を最表面に形成し，プラズマクリーニング処理でニッケル化合物層を除去した後，ワイヤボンディング接合を行った。電解金めっきサンプルには，ワイヤボンディング接合前の熱処理，プラズマクリーニング処理を行っていない。

第12図は，上記サンプルを用いて，150 ℃の熱処理を150時間，1000時間処理した後に測定した接合強度を示している。この結果から，極薄（0.05 μm）のフラッシュ無電解金めっきにおいても，ワイヤボンディング前にプラズマクリーニング処理を行うことで，電解金めっきと同



第12図 加熱処理前後のワイヤボンディング接合信頼性比較

Fig. 12 Reliability test data of wire bonding strength.

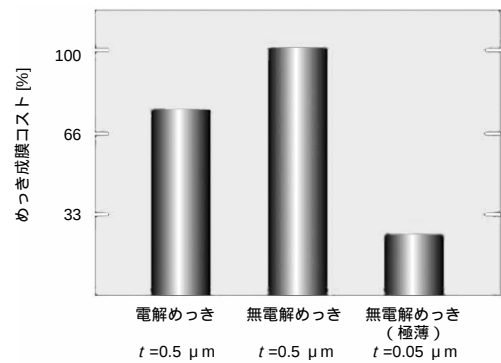
等の接合強度の信頼性確保を可能にした。

4.2 プラズマクリーニング装置導入の効果

前述のとおり，フラッシュ無電解金めっきに対しプラズマクリーニング処理することにより，良好なワイヤボンディング性を確保できることが実証できた。そこで，プラズマクリーニングによりフラッシュ無電解金めっきを採用した際の効果について確認した。

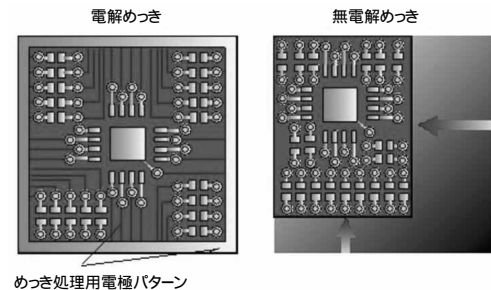
フラッシュ無電解金めっきの膜厚は0.05 μm程度になるため，金自体の材料コストは電解めっきに比べ約10分の1に削減可能になる。さらに，めっき処理コストについてもフラッシュ無電解めっきの処理コストは電解めっきの約2分の1の処理コストになる（第13図）。

また，無電解めっきでは，電解めっきで必要とされる引き回し電極パターンが不要になり，基板サイズの大幅な縮小が可能になり，かつ設計自由度も向上する（第14図）。



第13図 めっき処理コスト比較

Fig. 13 Cost of plating process.



第14図 基板配線パターン比較

Fig. 14 Wiring pattern of printed circuit board.

5. まとめ

筆者らは、低コスト、高信頼性CSPパッケージを実現するため、独自の工法を開発し、ワイヤボンディング面への無電解金めっきの採用を可能にした。特に、極薄のフラッシュ金めっきに対しても良好なワイヤボンディング接合性を確保し、かつはんだ接合部の信頼性をも高めることができた。

現在、CSPパッケージのトータルソリューションとして、プラズマクリーニング装置、工法を提供している。

今後も、新たなプラズマ応用技術の開発を進め、その成果を設備に展開し量産レベルでの実証を図っていくとともに、半導体実装のトータルソリューションを提供していきたい。

参考文献

- 1) H. Haji, et al. : Bondability of gold wire to gold-plated electrodes. Mater. Trans. JIM 34, 960(1993).
- 2) T. Miyazaki, et al. : The improvement of PBGA solder ball strength under high temperature storage. IEEE/CPMT Int. Elec. Manu. Tech. Sympo., 333(1994).

著者紹介



野々村勝 Masaru Nonomura
パナソニック ファクトリーソリューションズ
(株) 精密プロセス事業推進グループ
Innovative Processing Equipment Business Group,
Panasonic Factory Solutions Co., Ltd.