導電性粒子と光硬化性樹脂を用いたベアチップフェイスダウンボンディング技術：ELASTIC

Bare-Chip Face-down Bonding Technology Using Conductive Particles and Light-Setting Adhesives : "Elastic" Method

山村 圭司* 松原 浩司* 貫井 孝*

1. はじめに

情報化社会の進展と共に、いつでもどこでも誰にでもさまざまな情報にアクセスできる、パーソナルタイプ、ハンディタイプの情報機器の登場が切望されている。これを具現化するためには、電子回路モジュールの多機能化、ダウンサイジング化を同時に達成しなければならず、マイクロエレクトロニクス技術に架せられた使命は大きくなっている。この流れの中で、LSI 実装技術は LSI 技術の急速な進歩と歩調を合わせ著しい進歩を遂げてきた。

しかし、ここへきて、ますます増加する LSI 端子数、電極ピッチの微小化、低温プロセス接続、多様化する基板への対応など新たな課題が見え始め、大きな技術革新が求められている。とりわけ、液晶ディスプレイ、プリンタ、IC カード、コンピュータ等の情報関連機器では、基板に直接チップを搭載するいわゆるベアチップ実装技術の要求が著しく、はんだ付けや熱圧着によるフリップチップ方式、TAB/OLB 方式はもとより、従来の接合概念とは異なる新たな実装方式が求められている。

我々は、これに対処するためのベアチップ実装技術として“ELASTIC” (Electrical interconnection using light-setting adhesive selectively cured and conductive particles) 法と称する微小ピッチ接続、低温接合可能などの特長を有する接続技術を開発した。本手法は、LSI チップの電極上のみ弾性導電性粒子を配置し、光硬化性接着剤により圧接固定する新たな脱メタラジカル接合方式である。

ここでは、本技術の構造、プロセス、接続特性、特長等について順次述べる。

2. プロセスおよび構造

本ベアチップフェイスダウン実装技術の接続構造およびプロセスの概要を以下に記す。

2.1 実装構造

Fig.1 に本実装構造の概念図を示す。本接続構造においてはチップはフェイスダウンで実装され、チップと基板の電極は互いに向き合った状態で、圧縮変形した導電性粒子を介して電氣的に接続されている。導電性粒子は、接続すべき電極上のみ選択的に配置されており、チップは基板との界面にある接着剤によって固定されている。

2.2 プロセス

Fig.2 に本実装プロセスを示す。本プロセスは、ウェハ

Fig.1 Conceptual cross-sectional view of the interconnection structure.

*Keiji Yamamura, Hiroshi Matsubara, Takashi Nukii
シャープ/SHARP CORPORATION

Fig.2 Schematic view of the mounting processes of electrically conductive particles.

プロセス（導電性粒子の配置プロセス）とボンディングプロセスに大別することができる。以下に、各プロセスの説明を行う。

ウェハプロセスは、次の通りである。

- ①デバイスの形成されたウェハ上に、絶縁性の光硬化性接着剤を塗布する。
- ②マスクを介してUV光を照射することにより、電極

(a) Overview of electrodes on a chip.

(b) Enlarged view of two electrodes.

Fig.3 SEM Photograph of conductive particles mounted on electrodes pitched at 100μm.

部以外の光硬化性接着剤を硬化する。

- ③電極上の未硬化の接着剤のタック性を利用して導電性粒子を選択的に付着させる。
- ④ウェハをダイシングしてチップに分割し、ウェハプロセスは完了する。Fig.3に導電性粒子の配置状態を示す。

(a) Bonder Used for Transparent Substrate

(b) Bonder Used for Non-transparent Substrate

Fig.4 Schematic drawing of the bonders.

ボンディングプロセスにおいては、使用する基板によって2種のボンダーを使用した。Fig.4 (a)は透明基板に使用するボンダーの構成図であり、Fig.4 (b)は不透明基板に使用するボンダーの構成図である。ボンディングプロセスは以下の通りである。

- ①導電性粒子が配置されたチップを加圧ヘッドに、また、このチップと対向するようにステージに配線基板をそれぞれ真空吸着する。
- ②チップの電極と基板の電極とを位置合わせする。
- ③基板上にチップ固定用の熱硬化併用の光硬化性接着剤を供給する。
- ④チップと基板とを加圧し、その状態でUV光を照射し固定用の接着剤を硬化する（透明基板の場合は基板下面から、不透明基板の場合はチップ周辺からUV光を照射する）。
- ⑤加熱により接着剤をポストキュアし、接続を完了する。

3. 材料特性

本実装技術においては、導電性粒子の特性、導電性粒子付着用接着剤の特性および塗布条件、接続用接着剤の硬化条件等が重要な要因となる。以下に、使用した材料の特性および条件検討の結果を述べる。

3.1 弾性導電性粒子

導電性粒子の硬さはボンディング時の圧力やその後の信頼性に影響を与える。本検討では、導電性粒子には表面にAuメッキを施した2種類の硬さのプラスチック粒子を使用した。導電性粒子の荷重-歪み線図をFig.5に示す。これらの導電性粒子を用いてTab.1に示す条件でサンプルを作製し冷熱サイクルテスト（-45℃～100℃）による接続抵抗評価を行った。その結果、どちらのサン

Fig.5 Characteristics of conductive particles.

Tab.1 Sample specifications and bonding condition.

Chip	
Chip size	6mm×13mm
Pad size	50μm×80μm
Number of pads	224
Electrode	Au
Substrate	
Material	Borosilicate glass (Transparent substrate)
Thickness	1.1mm
Electrode	ITO (100nm)/Ta (300nm)
Conductive particles	
Base material	Elastic co-polymer
Surface	Plated Au/Ni
Diameter	φ10μm
Bonding pressure	
For hard particles A	60N/chip
For soft particles B	40N/chip

ルにおいても1,000サイクル後の接続抵抗の増加量は0.25Ω以下と良好な結果を得た。このため、その後の検討では、接続抵抗の増加量の比較的小さい粒子Aについて詳細な評価を行った。Fig.6に1電極当たりの接続抵抗とその変形量の関係を示す。変形量の増加に伴い、接続抵抗は減少傾向にあることが分かる。本検討では、外観上、亀裂等の変化がなく、かつ安定な接続抵抗の得られる領域として、約20%の変形量となるようにボンディング荷重を設定した。

3.2 導電性粒子付着用接着剤の塗膜条件

導電性粒子付着用の接着剤にはアクリレート系のUV硬化型接着剤を使用した。この接着剤の粘度は約1.5 Pa·sである。この導電性粒子付着用の接着剤の厚みは重要で、薄すぎる場合には導電性粒子の付着量が不充分

Fig.6 The relationship between strain and connection resistance at one terminal.

Fig. 7 The relationship between the spinning revolution and thickness of the adhesive (Diluted solution : N, N-Dimethylformamide).

となり、厚すぎる場合には導電性粒子が2層以上に付着する。検討の結果、2 μm の厚みが最適であった。そこで、ウェハ上にスピコートするために接着剤を溶剤 (DMF) で希釈し、その塗布条件を検討した。Fig. 7 に膜厚と溶剤希釈量および回転数の関係を示す。この結果より、膜厚が2 μm となるように DMF 25 % 希釈、2,500 r/min $\times$ 20 s の条件を採用した。

3.3 接続用接着剤の硬化条件

本検討においては、不透明基板への適応を可能とするため、接着剤には光硬化と熱硬化併用の接着剤を用いた。熱硬化条件としては、DSC を用いた評価結果より 100 $^{\circ}\text{C}$ 5 時間を採用した。

4. 試作および評価

以上の結果を踏まえて ITO (Indium Tin Oxide) 電極ガラス基板上へのチップ実装を行った。また、セラミック基板上へのチップのボンディングを行い不透明基板への適用の可能性を確認した。

4.1 ITO 電極ガラス基板上への実装

ITO/Ta 配線ガラス基板上へチップをボンディングし、その接続特性および各種信頼性評価を行った。接続最小ピッチは 100 μm で接続部の面積は 50 $\mu\text{m} \times 80 \mu\text{m}$ である。

(1) ITO 膜厚と接続抵抗

ITO を電極材料として用いた場合、その製膜条件や膜厚によって接続抵抗が変化するため、膜厚と製膜条件を変えて接続抵抗の評価を行った。Fig. 8 に接続抵抗を示す。膜厚が厚くなるほどバラツキは小さく低抵抗にな

Fig. 8 The connection resistance vs. the ITO thickness and the deposition condition.

ることが分かる。以後の検討においては、100 nm の厚みを採用した。

(2) 温度と接続抵抗

本実装技術の接続安定性を確認するために、周囲温度を変化させた場合の接続抵抗を評価した。Fig. 9 に各温度下における接続抵抗の変化を示す。この結果より、本接続は熱的に安定であることが分かる。

Fig. 9 Change of the connection resistance at high temperatures.

Fig. 10 Relationship between the measuring current and connection resistance.

(3) 電流量と接続抵抗

Fig.10 に電流量と接続抵抗の関係を示す。電流量にかかわらず接続抵抗は安定している。基板配線のはうが先に破断するため正確な許容電流値は不明であるが、少なくとも 90 mA 以上許容し得ると判断できる。

(a) Humidity Storage Test (85°C/85%RH)

(b) Temperature Cycling Test (-45°C ~ 100°C)

(c) Moisture Resistance Test (-20°C ~ 70°C/95%RH)

Fig.11 Change of the connection resistance in the reliability tests.

(Glass substrate)

(4) 信頼性

Tab.1 に示す条件にてサンプルを作製し、信頼性評価を実施した。結果を Fig.11 および Tab.2 に示す。信頼性テスト後の抵抗増加量は最大 0.1 Ω、絶縁抵抗は 10⁸Ω 以上で良好であった。

4.2 セラミック基板上への実装

不透明基板への適用を検討するために、Au/Cu・Ni/Ti/Al 配線を形成した厚さ 0.8 mm の Al₂O₃セラミック上にテストチップをボンディングし、その評価を行った。接続最小ピッチは 100 μm で接続部の面積は 50 μm×80 μm である。

(1) 電流量と接続抵抗

Fig.10 に電流量と接続抵抗の関係を示す。ITO 配線基板と同様に電流量にかかわらず接続抵抗は安定している。また、許容電流についても、ガラス基板の場合と同様、先に基板配線が 400 mA にて破断するため正確な値は判らないが、少なくともこれ以上あるといえる。

(2) 信頼性

Fig.12 に温湿度サイクルテストによる接続抵抗評価結果を示す。1,000 時間後においても抵抗変動はなく、良好な結果を得た。

Tab.2 The results of reliability tests.

Test condition	Results (10 ⁸ Ω ≤ O ≤ 10 ¹⁰ Ω, 10 ¹⁰ Ω < ⊙)				
	Test time (h)				
	Init.	250	500	750	1000
Humidity storage test (85°C/85%RH)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Humidity bias test (40°C/90%RH, DC12V)	⊙	○	○	○	○

Fig.12 Change of the connection resistance in the moisture resistance test.

(Ceramic substrate)

5. 特 長

本実装技術の特長を以下に記す。

- ・接続部材として金属メッキした樹脂粒子を用いているため弾性変形範囲が広く、接続体の温度変化による膨張、収縮に対しても安定した接続状態が維持できる。
- ・フォトリソを用いて導電性粒子の配置を行っているため、微小ピッチでの接続が可能である。これを実証するため、50 μm ピッチ接続の確認を行い、良好な結果を得た¹⁾ (Fig.13 に 50 μm ピッチで導電性粒子を配置した例を示す)。
- ・導電性粒子を介して電極間を圧接により接続しているため、親はんだ金属の形成が不要であり、将来的に幅広い電極材料に適用することが可能である。
- ・熱硬化併用の光硬化性接着剤を使用しているため、ガラス基板のみならずセラミック等の不透明基板に対しても適用可能である。
- ・光硬化と熱硬化併用の接着剤を使用しているため、短時間でボンディングが可能であり生産性にすぐれる。また、ポストキュア温度 100℃は、はんだ付け温度に比べて十分に低く、各種デバイスに及ぼす影響も少ない。

6. 結 論

Fig.13 SEM Photograph of conductive particles mounted on electrodes pitched at 50 μm .

- (1) 導電性粒子と光硬化性樹脂を用い、フォトリソ技術을駆使した新規ベアチップフェイスダウンボンディング技術“ELASTIC”を開発した。
- (2) 導電性粒子の諸特性、導電性粒子付着用接着剤層の形成条件および基板上へのチップ固定用接着剤の硬化特性を評価し最適プロセスを抽出した。
- (3) ITO 電極ガラス基板上へのチップ実装を行い、その接続特性と各種信頼性を評価し良好な結果を得た。
- (4) セラミック基板上へのチップ実装を行い、本技術が不透明基板に対しても適用可能であることを確認した。

参 考 文 献

- 1) 新ほか：IMC'90, p.190, SHM (1990)