新しいTAB材料

New Materials for TAB Technology

畑田 賢造*

1. TAB技術の現状

TAB技術は、小型・薄型化あるいは可撓性を必要とする半導体パッケージとしてLCDモジュール、携帯機器に導入されてきている。これらのデバイス、機器の進展により、TAB技術も汎用化し始めたが、これに伴って新しい材料も誕生している。LCDモジュールの進展は、LCDの高精細度化による微小ピッチリードを要求し、携帯機器の進展は、機能の増大、高い動作周波数による電気的特性の向上を要求してきている。

最近のTAB技術の傾向は、微小ピッチ化、大型チップ化であるが、この課題は現状の材料では解決できず、微小ピッチ対応の高強度銅箔、大型チップ対応の加熱収

縮率の小さいテープ、絶縁性の高い接着剤などの材料等、そして新しい構成の開発が望まれる。ここでは今後のTAB技術の課題で最も重要である微小ピッチ、大型チップへの対応について述べる。

2. TAB技術のプロセス¹⁾

Fig.1は、TAB技術の構成と工程を示す。TAB技術は、主にフィルムキャリア、バンパと半導体チップの3つの材料から構成される。フィルムキャリアは、樹脂フィルムテープ、銅箔、接着剤（三層テープの場合）、ソルダレジスト、めっき材料から構成されるが、この構成材料は、テープの製造方法によって幾分異なる。バンパは、Au、Cu、はんだ材などで、バンパがチップ側に形成される構成（バリアメタルを使用する方式、ボールバ

Fig.1 TAB configuration.

*Kenzo Hatada

松下電器産業㈱超LSI技術研究所/Matsushita Electric Industrial Co.Ltd., VLSI Technology Research Lab.

A : Pitch error between the lead and lead.
B : Accumulation pitch error.
C : Pitch error of relativity lead.

Fig.2 Pitch error of film carrier tape for large size and multi electrode chip.

ンプ方式)^{2),3)}とリード側に形成される構成(転写バンプ方式, メサバンプ方式)^{4),5)}とがあるが, リードとLSIチップの電極とをバンプを介して接続する基本的な構成はどの方式でも同一である。

微小ピッチのリードでは, リード形成のパターン精度を向上させるために, 銅箔の厚さを従来の35 μm から20 μm 以下の厚さの材料を用いる。このために銅箔の断面積が減少し, リード強度が低下するために高強度箔が必要となる。

また, 大型チップでは, リード間の寸法誤差が課題となる (Fig.2)⁶⁾。この寸法誤差には, 累積ピッチ誤差, 相対するリード間のピッチ誤差があるが, これらはテープの製造段階で加わる熱, 圧力に依存する。また, テープの構造によって電気的特性も異なってくる。

Fig.3 は, 二層テープ(代表的な例)と三層テープの製造工程の概略を示すが, その製造方法は大きく異なり, これが使う上での特徴ともなっている。二層テープの製造工程は, 樹脂フィルム上にスパッタ法などでCr・Cuの導電性薄膜を形成, 両面に感光性樹脂を塗布し, 樹脂フィルム側にはこれをエッチング加工するためのパター

ン, 導電性薄膜側にはリードを形成するためのパターンを形成する。次に, 電解めっき法でリードを形成した後, 樹脂フィルムをエッチング除去し, 不要となった感光性樹脂を取り去れば二層テープが完成する。

一方, 三層テープの製造工程は, 接着剤を塗布した樹脂フィルムをパンチングで打ち抜き, デバイスホールなどを形成し, これに銅箔を熱ローラで張り付ける。次に, 感光性樹脂パターンにより銅箔をエッチングし, リードを形成, 不要の感光性樹脂を除去すればテープができる。

二層テープでは, リードを電解めっき法で形成し, 樹脂フィルムをウェットエッチングしている。このためにリード形状は理想的な矩形となり, 製造工程中, 高い熱, 圧力が加わらないためにピッチ誤差が非常に小さい。しかし, 樹脂フィルムの加工がウェットエッチングであるために, ポリイミドテープ(たとえばカプトン: 商品名)しか使用できないこと, リード形成が電解めっきであるために強度の高い銅合金を使用できない等, 使用できるテープ, 銅箔材料が制限される。

三層テープは, リードをエッチング加工して形成し,

Process of 2Layer Tape

Process of 3Layer Tape

Fig.3 Process flow of tape carrier.

樹脂フィルムをバンチングで形成している。このために樹脂フィルムや銅箔材料が制限されない特徴があるが、リードがエッチング加工であるために台形状となりやすいこと、製造工程で熱、圧力を必要とするためにピッチ誤差が発生しやすいために、あらかじめこれを補正したプロセスが必要となる。

3. TAB 材料

この章では、テープ材料、銅箔材料、接着材料の現状と開発動向について述べる。

3.1 フィルムキャリアテープ

【テープ材料】テープ材料に求められる性能は、耐熱性、寸法安定性、銅に近い線膨張係数、剛性、耐クラック性、耐薬品性、電気特性などである。テープ材料の中では、ポリイミドフィルムが最も使用比率が高く、材料開発も進展しているが、これら材料の開発傾向は、高弾性、低加熱収縮率、高寸法安定性、低線膨張係数である。これは最近の TAB 技術が、可撓性や薄型を必要とする機器・デバイスへの導入が活発化しているためと推察される。

テープ材料⁷⁾は、二層テープではポリイミドフィルム

(商品名：カプトン)のみが使用されるが、三層テープではポリイミドフィルム(商品名：カプトン、ユーピレックス、アピカルなど)、ガラスエポキシフィルム、ポリエステルフィルム、BT レジンフィルムなどが使用される。

Tab.1 は、フィルムテープ材料の特性を示す。ポリイミド樹脂は、熱可塑性ポリイミド樹脂(ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミドなど)と非熱可塑性樹脂とがあるが、フィルムテープとしては後者の樹脂が使用される。非熱可塑性樹脂で全芳香族ポリイミドは、ベンゼン環、イミド環、エーテル環が連続して結合しているために耐熱性が高く、機械的、化学的にも安定している。この族には、PMDA (Pyromellitic dianhydride) 系ポリイミド(商品名：カプトン、アピカル)と BPDA (Biphenyltetracarboxylic dianhydride) 系ポリイミド(商品名：ユーピレックス)とがある。ユーピレックスはカプトンに比較して引張強さ、引張弾性率が数倍高いために寸法安定性にすぐれ、材料厚さを薄くできる特徴がある。Fig.4 にカプトンとユーピレックスフィルムのモノマ、ポリマ構造を示す。

【銅箔材料】微小ピッチの要求は、LCD、サーマルヘッドなどの駆動用 LSI チップに見られる。現状では、80~100 μm ピッチが生産レベルであるが、既に 50

Tab.1 Physical properties of tape materials.

Property	Units	Kapton	Upilex	Glass epoxy	Polyester
Density	kg/mm ²	1.42	1.47	1.8	1.39
Tensile strength	kg/mm ²	17	40	17	16
Elongation	%	70	30	2	100
Tensile modules	kg/mm ²	300	900	2500	370
Glass transition temperature	℃	360~410	>500	140	69
Linear coefficient of expansion	cm/cm/℃	2.0×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁵	1.6×10 ⁻⁵	1.5×10 ⁻⁵
Hygroscopic coefficient of expansion	cm/cm/%RH	2.2×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁵
Moisture absorption	%	2.5	1.2	0.8	0.4
Dielectric strength	kv/mil	6.1	6.6	0.8	6.5
Dielectric constant		3.5	3.5	4.2	3.2
Dissipation factor		0.003	0.0013	0.017	0.005
Volume resistivity	Ω·cm	>1×10 ¹⁵	>1×10 ¹⁵	>1×10 ¹³	1×10 ¹⁸
Surface resistivity	Ω	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹³	10 ¹⁶
Gas flow rate	g/m ² /mil	47	1.7	—	—
Melting point	℃	—	—	—	263
UL		94V-0	94V-0	94V-0	—

Fig.4 Imide structure of Monomer and Polymer.

Fig.5 ILB of 50μm pitch (Used semi straight bump).

Fig.6 Tensile strength vs. annealing temperature.

μmピッチのフィルムキャリアが実用化されている (Fig.5)。80 μmピッチ以下のリードあたりから銅箔の厚さを薄くし、強度を高めた銅箔を用いる。

銅箔材料には、電解銅、圧延銅、合金銅が使用されているが、微小ピッチ用には、In (Indium), Zr (Zirconium)などを混入させた合金銅が開発・実用化されている。これら合金銅は高強度箔と呼ばれ、他の材料よりも初期の引張強さが高く、熱処理により強度が低下する軟化温度も高い (Fig.6, Tab.2)⁸⁾。材料の軟化温度を重要視するのは、ILB時に350~450℃程度の温度が加わり、これによりリード強度が低下し、信頼性レベルを低下させるためである。

【接着材料】 接着剤は三層テープ特有の材料であるが、最近では二層テープでも使用されるようになった。二層テープでは、樹脂テープ上に直接銅薄膜を形成する構成 (Fig.3)、樹脂テープと銅箔とをポリイミド系接着剤で張り合わせる構成、銅箔上にポリイミド溶剤を塗布する構成などがある。三層テープでは、樹脂フィルムと銅箔の張り合わせにエポキシ系接着剤を用いる。フィル

ムキャリアテープが微小ピッチ化されるに従いリード間の銅のマイグレーションが問題となりやすい。

Fig.7, 8にエポキシ系接着剤とポリイミド系接着剤のPCBT (Pressure Cooker Bias Test: 温度130℃, 湿度85%, バイアス電圧DC 100V)での絶縁抵抗の経時変化を示す⁹⁾。エポキシ系接着剤は、接着剤中の不純物イオンの影響で銅のマイグレーション (Fig.9)が発生しやすいかったが、材料開発により図に示すように、不純物イオンが少なく安定した材料が実用化されている。絶縁抵抗値は、ポリイミド系接着剤のほうが高い値を示す。

3.2 バンプ形成材料とILB (Inner Lead Bonding)

Fig.10は、現在使用されているバンプ形成方式を示すが、大別するとチップ上にバンプを形成する方式 (通常バンプ方式, ボールバンプ方式) とリード側にバンプを形成する方式 (転写バンプ方式, メサバンプ方式) に区分される。バンプ形成技術では、チップ上にバリアメタルを形成する通常バンプ方式が歴史が古く、最も大量に使用され、微小ピッチのバンプ形成に対応できる。

Tab.2 Properties of rolled coppers.

Testing item		Sample	Unit	Oxygre free Copper		High tensile Copper – 1		High tensile Copper – 2	
				M.D	X.D	M.D	X.D	M.D	X.D
Copper thickness	Micro-meter method	mm	0.036		0.036		0.036		
	Weight method	g/m ²	305		307		306		
Surface roughness	Rough surface (back side)	Ra	0.08		0.08		0.08		
		Rmax	0.6		0.6		0.7		
	Smooth surface (main side)	Ra	0.07		0.06		0.07		
		Rmax	0.6		0.5		0.6		
Tensile strength		kgf/mm ² at 20℃	44	43	52	52	53	52	
Elongation		% at 20℃	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Bend formability	MIT Bending strength	a time	40	16	39	18	42	15	
	IPC Ductility	%	53	9	47	15	47	16	
Peeling strength		g/100μm	12~15		12~15		12~15		
Treatment condition of rough surface			Black treated		Black treated		Black treated		
Treatment condition of smooth surface			Bright		Bright		Bright

Fig.7 Result of PCBT (Adhesive material : Epoxy).

しかし、この方式は、バンプ形成工程が複雑であるために、この課題を解決しバンプ形成工程を簡素化する傾向にあり、バンプ形成と ILB との区別がなくなっている。完全にバリアメタルを無くした構成が、転写バンプ方式、ボールバンプ方式、メサバンプ方式である。

微小ピッチへの対応は通常バンプ方式で進展し、既に 50 μm ピッチのバンプが実用化¹⁰⁾されている。微小ピッチのバンプでの課題は、めっき用マスクとなる感光性樹脂の特性である。形成されるバンプ形状は、使用する感光性樹脂の厚さに依存し、1~2 μm 厚さの樹脂を用いるマッシュルームバンプ、10~30 μm のバンプ高さとはほぼ同一の厚さの樹脂を使用する

Fig.8 Result of PCBT (Adhesive material : Polyimide) .

Fig.9 Copper migration grew between the wiring circuit pattern.

ストレートウォールバンプ¹¹⁾、この2つのバンプの中間の厚さの樹脂を使用するセミストレートウォールバンプがある (Fig.11)。微小ピッチ用バンプは、ストレートウォールバンプである。使用する感光性樹脂は、マッシュルームバンプではネガ型、ポジ型の両方を用いるが、ストレートウォールバンプでは、厚い膜を形成できるポジ型を用いる。課題は、樹脂厚さが厚くなるとウェハ周辺領域での樹脂の盛り上がり量が大きくなりチップの収率が低下することで、ストレートウォールバンプ用の感光性樹脂の開発が望まれる。

3.3 保護樹脂材料

ILB後の保護樹脂の形成方法には、一体成型する方式とチップ表面を塗布する方式とがある (Fig.12)。前
Vol.9, No.4

Conventional Bump

Ball bump

Transferred Bump

Mesa Bump

Fig.10 Kinds of bump formation.

者は、従来のワイヤボンディング方式のパッケージに適用されている射出成型方式で、チップ全体を包含する状態で保護樹脂が形成される。外観は QFP, SOP のパッケージとはほぼ同一で、主にエポキシ系樹脂が使用される。後者のポッティング方式は最も良く使用され、樹脂厚さを薄く形成できる特徴がある。保護樹脂の形成は、チップ表面のみに形成、デバイスホール全体に形成、デバイ

Fig.11 Sharp of bump.

Fig.12 Construction of encapsulating resin for TCP.

スホールとチップ裏面を含めた領域に形成などがあるが、デバイスホール全体に形成する構成が主流である。ポッティング用の樹脂は、一液性と二液性タイプがあるが、使用方法が容易な一液性タイプが使用されている。

また、この樹脂には溶剤タイプと無溶剤タイプとがあり（Tab.3）、樹脂厚さ 100 μm 程度で従来の樹脂成型パッケージと同程度の信頼性を確保できている。

保護樹脂材料は、フィラ入りのエポキシ系が主体であるが、課題は、樹脂硬化後の低応力化である。チップ寸法が大型化すると、この応力によるチップの損傷、フィルムテープの反りの発生が生じやすい。樹脂材料の開発は、低応力化と高信頼性化である。

Tab.3 Physical properties of encapsulating resins.

Properties	Unit	Epoxy resins		
		Type-1	Type-2	Type-3
Appearance (Form)		Brown/Black (Volatile components type)	Black	Black
Viscosity	POIS	1200	940	100
Specific gravity		0.98	—	—
Gal time		160℃ 1min.	130℃ 6min. 150℃ 2min.	150℃ 3min.
Glass transition temperature	℃	133	135	120
Linear coefficient of expansion	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	5.6	2.2	5.0
Bend strength	kgf/mm^2	6.9	10.9	10
Bend modules	kgf/mm^2	390	1100	800
Volume resistivity	$\Omega\text{-cm}$	$>5.0 \times 10^{15}$	25℃ $\rightarrow 2.0 \times 10^{15}$ 150℃ $\rightarrow 5.0 \times 10^{10}$	8.0×10^{15}
Absorption	%	1.9	0.03	0.05
Impurity ion	Na^+ (ppm)	2.0	<1.0	10
	Cl^- (ppm)	1.0	0.3	70
Cure condition		80~120℃ 15min. or 150℃ 1 hr.	130℃ 15min. + 160℃ 3hr.	120℃ 3hr.

4. 応用展開

TAB 技術は、半導体技術とその応用展開の進展により、新しい材料や加工方法が開発され、これに伴いより一層応用展開の幅も拡大されつつある。最近の応用は、テープ材料を折り曲げるパッケージ、高信頼性、高周波用パッケージ、微小ピッチ・大型チップパッケージ、そして低コストパッケージである。このためにテープ、銅箔、接着剤、めっき、ソルダレジストなどの材料、テープ形成方法、バンパ形成方法、ILB、OLB 方法などが開発、実用化されてきている。

Fig.13 は LCD モジュール用の TCP (Tape Carrier Package) で、スリム TAB と呼ばれる¹²⁾。LSI チップは 1.12×13.8 mm と細長い形状で、テープ材料の低コスト化と LCD モジュールの実装面積の縮小化を達成できる。LCD モジュール用の TCP は全生産量の 70 % 以上を占める。Fig.14 は、TCP を積層した構成のモジュール¹³⁾であるが、アウトリードのフォーミング量を調整することにより積層構造とし、実装面積を激減できる。

このように TAB 技術でしか実現できない応用展開が新しい電子機器、デバイスを誕生させ、これに伴って新しい TAB 材料の開発が活発化している。

参考文献

- 1) 畑田賢造：TAB 技術入門（工業調査会）
- 2) 真鍋健次他：サーマルヘッド駆動 IC AN 6897, National Technical Report, Vol.29, No.2 (1983) p.43-50.

- 3) 土師 宏：バンパ形成機能を備えたシングルポイントボンダ, MES'91 Proceedings, p.157-160 (1991).
- 4) K.Hatada et al.: New Film Carrier Assembly Technology "Transferred Bump TAB", IEEE - CHMT, Vol. CHMT-10, No.3, p.335 (1987).
- 5) 佐久間國男：BTAB 技術の開発と応用, MES'91 Proceedings, p.149-152 (1991)
- 6) 河北哲郎他：転写バンパ TAB 技術による大型、多ピン、狭ピッチデバイスの検討, MES'91 Proceedings, p.145-148 (1991).
- 7) 斎藤公彦：TAB テープ材料, VLSI プロセス材料実務便覧（サイエンス・フォーラム出版, 1992）
- 8) 平原賢治他：高密度 TAB フィルムキャリアの製造技術, MES'91 Proceedings, p.109-112 (1991).
- 9) K.Saito et al.: The Properties of Adhesive in Three-Layer TAB Tape, ITAB'92 Proceedings, p.210-234 (1992).
- 10) 畑田賢造：50 μ m ピッチ微細 TAB 技術, 第 12 回エレクトロニクス実装技術研究会, SHM 主催, p.14 (1991).
- 11) H.Fujimoto et al.: Bonding of Ultrafine Terminal-Pitch LSIs by Micro Bump Bonding Method, IMC Proceedings, p.115-119 (1992).
- 12) 千川保憲：テープキャリアパッケージの液晶パネルの応用, 第 19 回エレクトロニクス実装技術研究会, SHM 主催, p.16-17 (1992).
- 13) K.Hatada et al.: T-BTAB Application for Vertically Integrated Interconnect, ISHM Proceedings, p.482-486 (1990).

【執筆者紹介】

畑田賢造(はただ けんぞう) 当協会正会員
1967 年松下電器産業入社。以来、半導体プロセス、半導体実装技術の開発研究に従事。現在、超 LSI 技術研究所参事、学術博士、応用物理学会・ISHM・電子情報通信学会・プリント回路学会各会員

Fig.13 Slim type TCP.

Fig.14 Multi chip module used TCP.
(Dimension : 18×18 mm)