

feature article

高密度実装を実現するダイボンディング材料

Development of Die-bonding Material for Advanced Semiconductor Package

廣 昌彦 Masahiko Hiro

松崎 隆行 Takayuki Matsuzaki

稲田 禎一 Teiichi Inada

島山 恵一 Keiichi Hatakeyama

宇留野 道生 Michio Uruno

携帯端末や各種メモ리카ードの小型・薄型化、大容量・多機能化などの要求に伴い、複数個の半導体チップを積層するスタックドマルチチップパッケージが、フラッシュメモリ分野で急速に伸展している。半導体チップと基板、および半導体チップどうしを接着するダイボンディング材料には、近年、プロセスの簡略化や厚み・寸法精度制御などに優れたダイボンディングフィルムが用いられている。日立化成工業株式会社は、ポリマアロイ技術を応用した高信頼性ダイボンディングフィルム、さらに紫外線硬化型ダイシングテープとダイボンディングフィルムを組み合わせたダイシング・ダイボンディング一体型フィルムを開発・製品化した。

1. はじめに

携帯端末機器やデジタル家電に用いられる半導体パッケージの小型・薄型化、大容量・多機能化に伴い、複数個の半導体チップを積層するスタックドマルチチップパッケージ（以下、スタックドMCPと記す。）の適用がフラッシュメモリを中心に広がり、2007年にはパッケージ生産量が10億個に達し、今後も成長が見込まれている¹⁾。

半導体チップの多段積層化とともにチップの薄型化が急速に進行し、今日では100 μm以下、50 μmレベルの薄型チップを積層した半導体パッケージが製品化されている。このようなパッケージに適用されるダイボンディング材料には、(1) 高いパッケージ信頼性、(2) 薄型ウェーハを用いる際の作業性・収率向上などが要求される²⁾。

パッケージ信頼性を向上させるためには、低弾性率と高接着性という相反する特性の両立が求められるが、単一材料系で実現することは難しかった。そこで、日立化成工業株式会社では、これを両立する材料として、ポリマアロイ技術を応用した高信頼性ダイボンディングフィルムを開発・製品化した。

さらに、薄ウェーハの多段積層化にプロセス面から貢献できる材料として、ダイシングテープメーカーの大手である古河電気工業株式会社との共同開発により、紫外線(UV:Ultraviolet)硬化型ダイシングテープとダイボンディングフィルムを組み合わせたダイシング・ダイボンディング一体型フィルム「HIATTACH FHシリーズ」を製品化した(図1参照)。

ここでは、半導体パッケージの信頼性向上に寄与するダ

イボンディング材料の最新動向について述べる。

2. ダイボンディングフィルムの材料技術

2.1 反応誘起型相分離システム

ダイボンディングフィルムの開発にあたって、モデルパッケージの反り・応力解析結果に基づき、材料物性の目標値を設定した。この目標値を満たすことが可能な材料系として、硬化反応に伴い相分離構造が形成され、反応前後のモルフォロジ(相状態)や物性を制御可能な反応誘起型相分離システムを導入した³⁾。

未反応状態ではエポキシ樹脂と低弾性ポリマーが相溶状態にあり、ラミネート性や充填(てん)性に優れる。一方、熱硬化反応の進行に伴い相分離構造が形成され、エポキシ樹脂が島相、低弾性ポリマーが海相となる逆海島構造を形成する(図2、図3参照)。そのため、硬化後はエポキシ樹脂による耐熱性や高接着性と低弾性ポリマーによる応力緩和性の両立が可能となった。

2.2 ナノコンポジット技術との併用

反応誘起型相分離システムに加え、ナノサイズのフィラを分散するナノコンポジット技術を併用することにより、鉛フリー化による高温はんだリフロー(リフローソルダーリング)条件にも耐え得るバルク強度が得られた。

以上の手法によって、多様なパッケージ構造に対応できる材料設計が可能となり、高耐熱性・高接着性と応力緩和性を両立し、パッケージ信頼性に優れたダイボンディングフィルムを開発することができた。

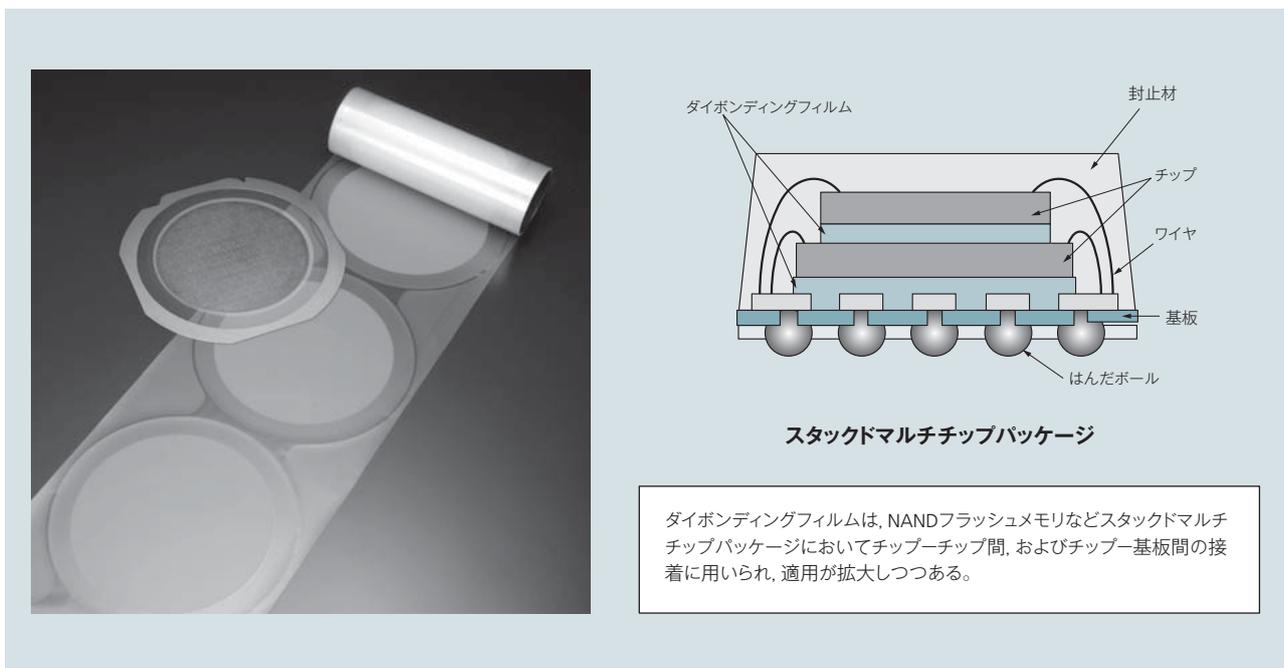


図1 ダイシング・ダイボンディングテープ型フィルム「HIATTACH FHシリーズ」

ダイシング・ダイボンディングテープ型フィルム「HIATTACH FHシリーズ」は、日立化成工業株式会社が古河電気工業株式会社との共同開発により製品化した。

開発したダイボンディングフィルムを用いたスタックドMCPのモデルパッケージを作製し、85℃で65%RH（Relative Humidity：相対湿度）、168時間吸湿後、265℃でIR（Infrared Rays：赤外線）リフロー処理し、そのパッケージ内部をSAT（Scanning Acoustic Tomograph）によって観察した結果を図4に示す。パッケージ内部に剥（はく）離

などの不具合は見られず、JEDEC（Joint Electron Device Engineering Council）レベル2の信頼性を達成した。

3. ダイシング・ダイボンディングテープ型フィルム

3.1 薄ウェーハ使用時の製造プロセスの課題

ダイボンディングフィルムを用いた従来のスタックドMCPの製造工程では、裏面研磨後のウェーハ裏面にダイボンディングフィルム、ダイシングテープの順にラミネートする。次に所望のチップサイズにダイシングし、ダイボンディングフィルム付きのチップをピックアップして基板にダイボンズし、モールド封止工程を経てパッケージが完成する。

この従来プロセスに、50 μmレベルの薄ウェーハを適用すると、ラミネートする工程もしくは搬送時にウェーハの割れ欠けなどのダメージを生じやすく、収率を低下させる課題があった⁴⁾。

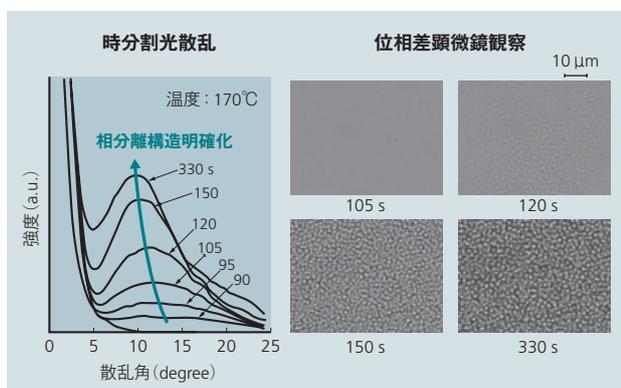


図2 エポキシ樹脂・低弾性ポリマの光散乱角と顕微鏡観察結果

硬化反応の進行に伴ってモルフォロジ（相状態）が変化し、新しい散乱角ピークが生じ、相分離構造が徐々に形成される様子が観察される。

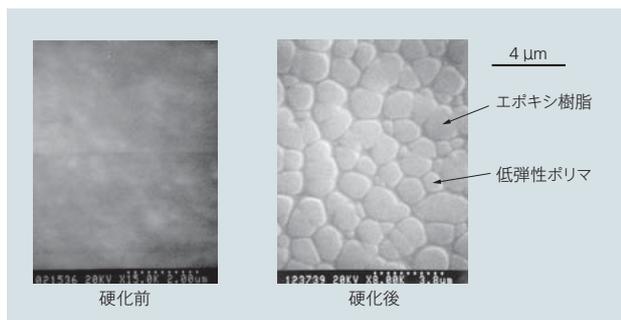


図3 エポキシ樹脂・低弾性ポリマ系フィルムの観察結果

硬化後のフィルム表面に逆海島相分離構造が観察された。

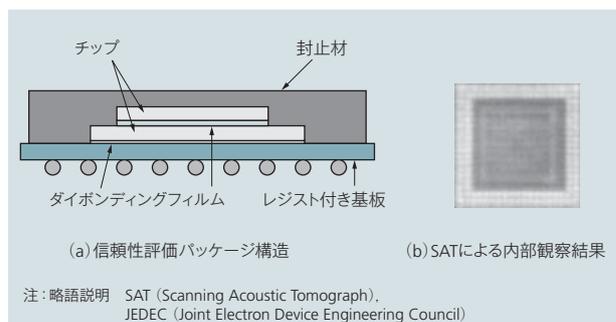


図4 信頼性評価観察結果

(a) に示すモデルパッケージを作製し、吸湿（85℃/65%RH/168時間）後にIR（赤外線）リフロー処理（265℃）し、SATによってそのパッケージ内部を観察した。(b) に示すようにパッケージ内部に剥（はく）離は見られず、JEDECレベル2の高信頼性を示した。

3.2 ダイシング・ダイボンディング一体型フィルム

これに対し、ダイシングテープとダイボンディングフィルムを一体化したダイシング・ダイボンディング一体型フィルムは、ラミネート回数を1回に低減できることに加え、薄ウェーハに対するハンドリング性や搬送性が格段に改善され、ウェーハダメージを低減して収率を向上させることができる(図5参照)。

一体型フィルムとしてダイボンディングフィルムと組み合わせるダイシングテープとしては、感圧型とUV硬化型に大別されるが、薄ウェーハを扱う作業性の観点から、UV硬化型ダイシングテープを選択した。UV硬化型ダイシングテープは、ポリオレフィン基材上にUV照射によって粘着性が低下する粘着層を形成したもので、ダイシング時には高い粘着性によってチップ飛びを防止し、続いてダイシング後にUVを照射して粘着性を大きく低下させることにより、ピックアップ時にはチップ割れを抑制する。

一体型フィルムにおいてピックアップ適性を評価するために、ダイシングテープとダイボンディングフィルムのUV照射量と密着力の関係を測定した。UV照射に伴い密着力は低下し、積算照射量200 mJ/cm²以上で下限かつ一定になり、容易にピックアップできることを確認した(図6参照)。また、実際のプロセスでも、薄ウェーハを問題なくダイシング、ピックアップ、ダイボンディングでき

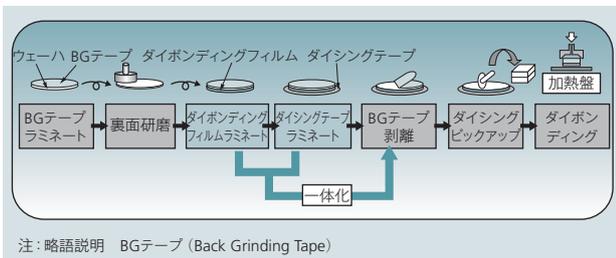


図5 ダイシング・ダイボンディング一体型フィルムの適用プロセス
ダイシング・ダイボンディング一体型フィルムの適用により、顧客プロセスを短縮するとともに薄ウェーハ使用時の収率向上に寄与する。

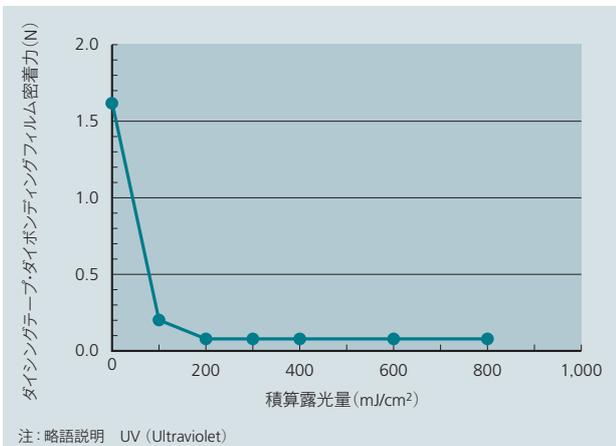


図6 ダイシング・ダイボンディング一体型フィルムのUV照射量と密着力との関係

UV露光により、ダイシングテープとダイボンディングフィルムとの密着力が大幅に低下し、ピックアップが可能となる。(光源:メタルハライド高圧水銀灯、照射:50 mW/cm²)

表1 ダイシング・ダイボンディング一体型フィルム「FH-900」の特性
フィルム物性、プロセス適合性、およびパッケージ信頼性を示す。

項目	条件	FH-900	
フィルム物性	弾性率	DMA, 35°C	200 MPa
	ガラス転移温度	TMA	180°C
	熱膨張係数	TMA	120 ppm/°C
	熱分解温度	TG-DTA	345°C
	ダイシングテープ・ダイボンディングフィルム密着力	UV照射前	1.5N
	UV照射後	<0.1N	
プロセス適合性	ラミネート性	80°C	OK
	ダイシング性	ブレードダイシング	OK
	ピックアップ性	5 mm角チップ	OK
パッケージ信頼性	耐IRリフロー性	265°C 3回	レベル2
	耐温度サイクル性	-55~125°C	1,000回パス
	耐PCT性	121°C, 100%RH	168時間パス

注: 略語説明ほか DMA (Dynamic-mechanical Analysis), TMA (Thermal Mechanical Analysis), TG-DTA (Thermogravimetry/Differential Thermal Analysis), IR (Infrared Rays), PCT (Pressure Cooker Test), RH (Relative Humidity)
* 特性値は代表値であり、保証値ではない。

ることを確認した。

開発したダイシング・ダイボンディング一体型フィルム「FH-900」の特性を表1に示す。

4. ワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルム

4.1 チップ多段積層の課題

従来、チップ多段積層には同じサイズの実チップを、スペーサを介して積層後、ワイヤボンドする方式が採られていたが、ウェーハの薄型化に伴って、ワイヤボンド時のチップ割れなどの課題が生じた。この対策として、スペーサ機能を兼ね備えたダイボンディングフィルムを用いたワイヤ埋め込みプロセスが提案されている(図7参照)。この用途に用いられるフィルムには、ダイボンド時にワイヤを変形せずにワイヤの周囲を充填するワイヤ埋め込み性、およ

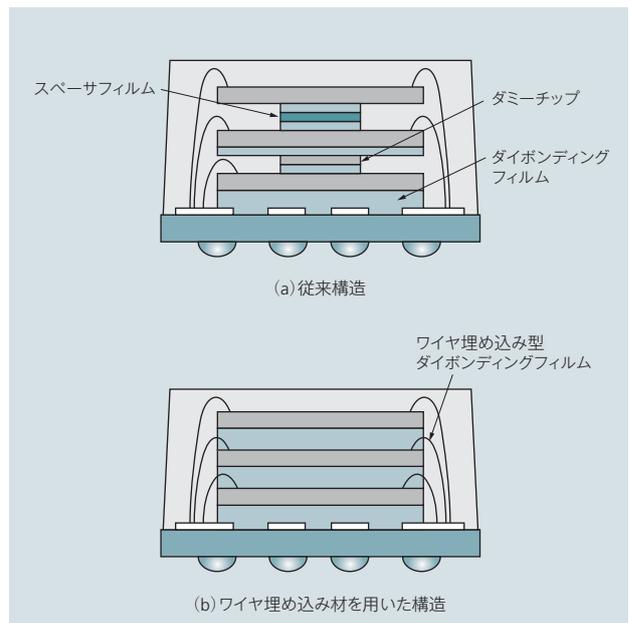


図7 ワイヤ埋め込み型を用いたパッケージ構造の例
ウェーハの薄型化、積層段数の増加に対応する。

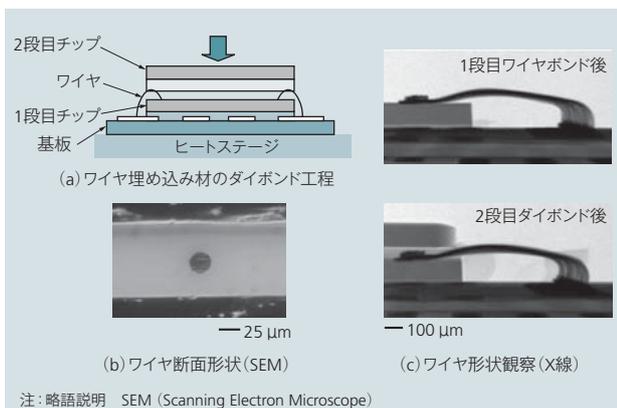


図8 ワイヤ埋め込み性の評価結果

開発したワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルムは1段目のワイヤボンド後、2段目のチップをダイボンドした後もワイヤの変形がなく、ワイヤ周囲を充填（てん）しており、ワイヤ埋め込み性に優れている。

び従来のフィルム同等のプロセス性、信頼性などの特性が求められる。

4.2 ワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルム

このワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルムの開発にあたって、流動シミュレーションによってワイヤ埋め込みプロセスでのフィルムの変形の挙動を予測し、材料設計を行った。シミュレーションの結果、良好なワイヤ埋め込み性を発現するにはダイボンド時において、ワイヤの変形を極力抑えるための剪（せん）断流動特性と、ワイヤ下の部分を充填するための伸長流動特性の両立が重要であることが判明した。

この知見を基に、流動性などのフィルム物性を最適化し、高流動かつ高信頼性のワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルムを開発した。これと並行してプロセス条件を検討し、ダイボンド時の温度、圧力の最適化により、ワイヤの変形がなく、埋め込みが可能なプロセス条件を確立した。

開発したワイヤ埋め込み型ダイボンディングフィルムを用いた評価結果を図8に示す。ワイヤの変形がないうえにワイヤ周囲も充填されており、パッケージ信頼性もJEDECレベル2を達成した。

5. おわりに

ここでは、半導体パッケージの信頼性向上に寄与するダイボンディング材料の最新動向について述べた。

半導体パッケージは、さらなる高密度化・高機能化をめざし、新しいプロセスや周辺材料が提案されるものと思われる。ダイボンディングフィルムも半導体パッケージの進歩、革新を支えるキーマテリアルの一つとして、今後、いっそうの信頼性向上やプロセスマージンの拡大を図り、優れた材料とソリューションを提供していく所存である。

なお、ダイシング・ダイボンディング一体型フィルム

FHシリーズの開発・製品化にあたっては、古河電気工業株式会社産業機材事業部AT製品部に多大なるご支援・ご協力を賜った。ここに謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA) 編：2007年度版日本実装技術ロードマップ (2007.6)
- 2) 半導体新技術研究会編：最先端半導体パッケージ技術のすべて (2007.9)
- 3) 稲田, 外：日立化成テクニカルレポート (2009.1)
- 4) 松崎, 外：日立化成テクニカルレポート (2006.1)

執筆者紹介



廣 昌彦

1988年日立化成工業株式会社入社、電子材料事業部 半導体材料部門 半導体実装材料開発部 所属
現在、ダイボンディングフィルムの開発に従事
高分子学会会員、アメリカ化学会会員



松崎 隆行

1990年日立化成工業株式会社入社、電子材料事業部 半導体材料部門 半導体実装材料開発部 所属
現在、ダイボンディングフィルムの開発に従事



稲田 禎一

1990年日立化成工業株式会社入社、研究開発本部 先端材料開発研究所 所属
現在、ダイボンディングフィルムの研究開発に従事
博士 (工学)
エレクトロニクス実装学会会員、日本接着学会会員



畠山 恵一

1997年日立化成工業株式会社入社、研究開発本部 新材料応用開発研究所 所属
現在、ダイボンディングフィルムの研究開発に従事



宇留野 道生

1985年日立化成工業株式会社入社、電子材料事業部 半導体材料部門 半導体実装材料開発部 所属
現在、ダイボンディングフィルムの開発に従事
高分子学会会員