

半導体・電子機器用フィルム技術

Film Technologies for Semiconductor & Electronic Components

高野 希 *Nozomu Takano*

機能材料事業本部 電子材料事業部

藤縄 貢 *Tohru Fujinawa*

機能材料事業本部 樹脂材料事業部 実装フィルム開発部

加藤 利彦 *Toshihiko Kato*

機能材料事業本部 電子材料事業部 実装材料開発部

日立化成のフィルム材料は、電子機器の小型化・薄型化に対応して多岐にわたり使用されている。中でも、1980年代後半から液晶周りの接続に用いられた異方導電フィルム(ACF)や1990年代後半からメモリーチップの実装に用いられたダイボンディングフィルム(DAF)は代表的なフィルム材料である。日立化成独自の技術を取り入れたこれらの材料は世界に先駆けてデファクト化され、この20年間のフラットパネルディスプレイや各種電子端末機器の劇的な普及に大きく貢献してきた。今後さらに、低温・高精細接続や高放熱、高精度膜厚制御などのフィルム化技術を構築し、ますます多様化するディスプレイやパッケージ構造に対応しながら、3次元実装を含めた新たな分野へも積極的に展開する。

Hitachi Chemical's film materials are widely used for small & thin electronic equipment, primary examples of which are anisotropic conductive film (ACF), used to connect displays from the late 1980's and die attach film (DAF) used for memory packages from the late 1990's. These materials using Hitachi Chemical's film technologies have become established global standards and have contributed to a dramatic increase in flat panel display and various other electronic equipment for over 20 years. We will establish low-temperature fine-pitch connection technologies and high heat-radiation, film thickness control technologies to apply to various displays and package structures, on a continuous basis. Furthermore, these materials are also expected to spread to new fields such as three-dimensional packages.

1 異方導電フィルム(ACF : Anisotropic Conductive Film)の技術動向と今後の展開

1.1 はじめに

異方導電フィルム(ACF : Anisotropic Conductive Film)は、直径数 μm の導電粒子を接着剤中に均一状に分散したフィルム接着剤であり、導電粒子として金属をめっきしたプラスチック粒子やニッケルなどの金属粒子が用いられている¹⁾。ACFは加熱と加圧を同時に行うことで微細な電極どうしを、10秒以内に一括で電氣的接続と機械的接着を行うことができ²⁾、液晶ディスプレイ(LCD : Liquid Crystal Display)やOLED(Organic Light-emitting Diodes)などのFPD(Flat Panel Display)の実装において、**図1**に示すように、ドライバーICを搭載したCOF(Chip On Film)パッケージの電極とディスプレイパネルとの接続、COFとプリント基板(PWB : Printed Wiring Board)との接続、さらにドライバーICをベアチップのままディスプレイパネル上に実装するCOG(Chip On Glass)接続に採用されている。

LCDは、携帯電話、ノートパソコン、モニター、TVなどに用いられているディスプレイであり、近年では高精細・高品位な表示、薄く軽量、タッチ操作といった操作性に優れたスマートフォン、タブレットPCなどのモバイル情報端末の急速な性能向上と生産性向上に注目が集まっている。ACFについてもこれらの要求仕様変化に適応するよう特性改良が続けられている。

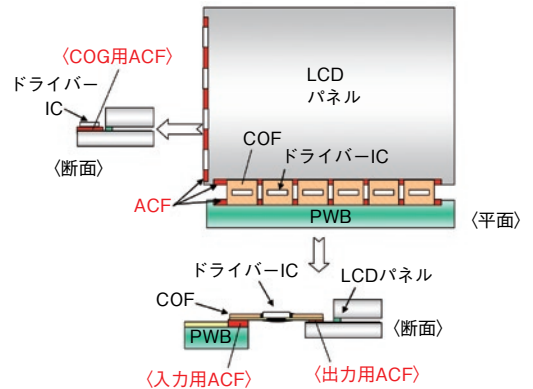


図1 ACF実装構造例

Figure 1 Illustration of mounting technology using ACF

1.2 異方導電フィルムの製品形態

ACFは、PETなどの支持フィルム上に、導電粒子を分散した10~50 μm の厚さの接着剤を塗布した、幅1~3mm、長さ50~300mのテープ状の製品である。スマートフォン、タブレットPCはできるだけ表示部分を大きくするために狭額縁化が進められており、ACFも幅0.8mm以下への取り組みが行われている。

ACFの接続プロセスは、**図2**に示したように接続する電極部にACFを転写し、上下の(接続する)電極にACFを挟み込んだ

状態で電極どうしの位置合わせをした後、150～180℃の加熱と2～3 MPaの加圧を同時に行う。ACFを接続する電極に転写する工程において、0.8 mm以下の細幅品ではリールからACFを引き出す際に、支持フィルムとACFが別離しやすくなるために支持フィルムとの密着性を増加させる必要がある。しかし、支持フィルムとの密着性が高すぎる場合、支持フィルムにACFが引っ張られて接続する電極部から浮き上がる転写不具合が発生するため、十分な密着性の調整が必要となる。

細幅接続対応として、汎用のディスプレイ装置で簡単に任意の微小領域への塗布が可能なプリンタブル接続材料である、液異方導電性を発現させた異方導電ペースト(ACA: Anisotropic Conductive Adhesive)の適用も考えられるが、未硬化部分が液状であることや、ファインピッチ接続に向かない、という制約がある³⁾。

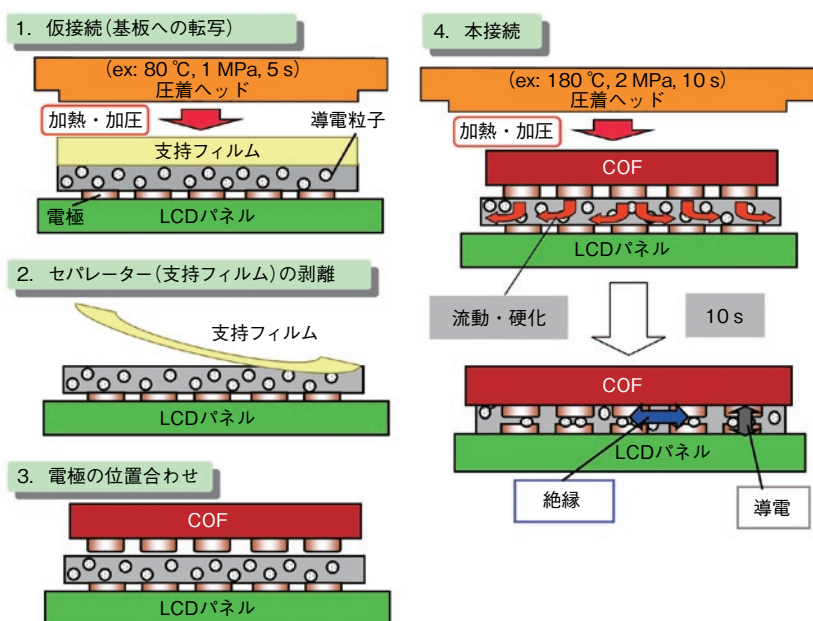


図2 ACFによる電極接続プロセス
Figure 2 ACF bonding process

1.3 異方導電フィルムの低温接続化

ACFの接続プロセスは、図2に示したように接続する電極部にACFを転写し、上下の(接続する)電極にACFを挟み込んだ状態で電極どうしの位置合わせをした後、150～180℃の加熱と2～3 MPaの加圧を同時に行うプロセスである。

スマートフォンやタブレットPCなどのモバイル情報端末用の中小型パネルにはCOG実装が用いられている。COGはICチップとガラス基板という高弾性の部材同士をACFで接続しているの、接続時の加熱による応力で接続後に接続部変形が発生する。その結果、接続部周辺で液晶パネルの輝度にムラができてしまう「表示ムラ」という現象が発生する。

接続部の応力は、接続時のACFの加熱が、圧着ヘッドが接触するICチップ側から行われるため、ICチップ側が高温でガラス基板側が低温となる温度勾配による熱膨張量の違いに起因している。接続終了後に室温に冷却されたときに、熱収縮量はICチップの方がガラス基板より大きくなるため、ガラス基板面側に凸の変形が発生する³⁾。図3にICチップとガラス基板の厚さと反り量の関係を示した。現在、スマートフォンやタブレットPCではICチップおよびガラスの薄型化が進行しているが、ガラス基板の薄型化が大きく反り量を増加させている。また、反り量を抑制するには低温接続が効果的であることを示している。

現在我々は、従来よりも30℃接続温度を低温化した150℃5sで接続可能な製品を開発上市し、従来の約50%以下に反り量を低減することを達成した。この製品はLCDの表示ムラも効果的に低減できることから、タブレットPCや薄型のノートPCに広く採用されている。しかし、市場からはさらなる薄型化に向けての大幅な接続温度低温化の要求が強く、100℃5sでの接続達成に向けて、熱硬化以外の硬化手法を適用した新製品を開発中である。

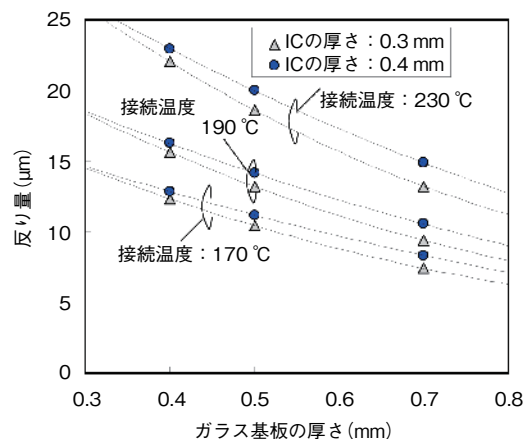


図3 IC(ガラス)の厚みと反り量
Figure 3 Relationship between warpage and thickness of IC (glass)

1.4 二層構成異方導電フィルム

ベアチップをガラス基板上に実装するCOG実装では、ベアチップ上に設けられたバンプとガラス基板とを接続しなければならないので、COF実装時よりもさらに微小な約2,000 μm²以下の電極面積での接続が一般的である。さらに最近ではパネルの高精細化とチップシュリンクによりバンプピッチ15 μm以下、位置ずれも含めた接続面積が1,000 μm²以下への対応が必要になっている。

我々はこれに対応するために、接着・絶縁機能と導電機能を分離させることにより、導電粒子を電極上に効率よく捕捉できる機能分離型二層構成ACFを開発し採用している⁴⁾。二層構成ACFは導電粒子を分散した接着剤層(導電粒子層)と接着剤のみの層(接着剤層)の二層構成とすることで、回路間の接着と絶縁機能は接着剤層に、導電機能は導電粒子層に持たせたものであ

る。10 μm以下の極めて薄い導電粒子層をガラス基板側に配置することで、単層構成の場合よりも電極上に捕捉される接続粒子数を多くできるため、同じ粒子数であっても狭接続面積への対応が可能となる。

このような特定層に導電粒子を偏在させて高精細接続を可能にできる点はACFの特長であるとともに、各層の流動性や接着性の調整での新しい機能付与の可能性を持っている。図4に示すように、導電粒子層の接着剤の接続時の流動性を接着剤層よりも小さくして、接続時の接着剤層の流動性による導電粒子層の流動を抑え、接続粒子の電極への捕捉効率を向上が可能となっている⁵⁾。こうした技術を発展させることで将来的には500 μm²といった狭接続面積の対応をめざしている。

1.5 まとめ

以上述べてきたように、ACFはLCDモジュールに代表されるFPD周辺の接続に対して、フィルム状接着剤という形態のメリットを生かしながら進化させてきた。近年のモバイル情報端末の基板の薄型化に対して、現在は低温接続可能かつ高精細対応によるスペシャリティな接続材料としての開発を進めているが、将来的には汎用性簡便性の点での開発を進め、幅広い用途での適用をめざすことも重要であると考えられる。

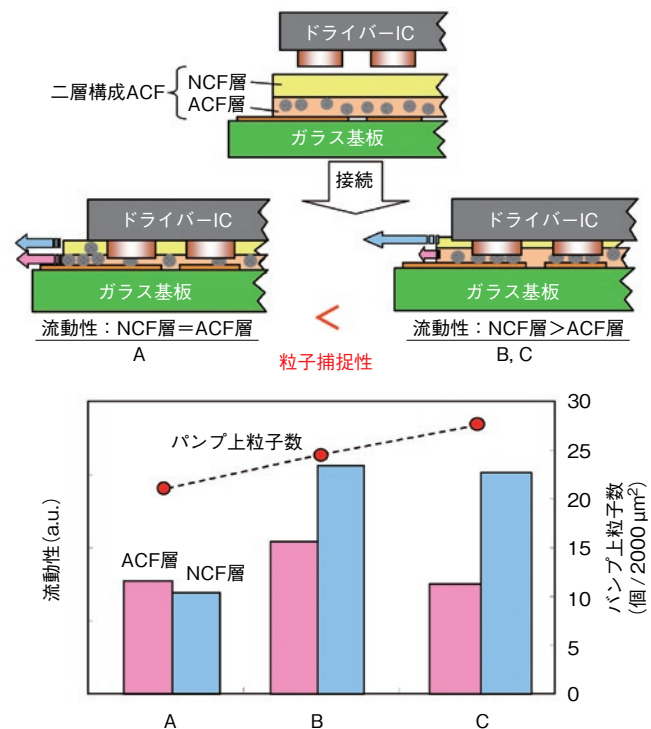


図4 二層構成ACFの流動性と粒子捕捉性
Figure 4 Relationship between particle catching rate and fluidity

2 ダイボンディングフィルム(DAF: Die Attach Film)の技術動向と今後の展開

2.1 技術動向

近年の携帯電話に代表される電子機器の高速・高性能化、小型化に伴い、高密度実装に対応した小型、薄型の半導体パッケージとして、有機基板をベースにしたエリアアレイ型パッケージであるBGA (Ball Grid Array)やMCP (Multi Chip Package)が普及している⁶⁾。このような半導体パッケージにおいて、ダイボンディングフィルムは不可欠な材料であるとともにさまざまな機能が要求されている。

BGA/MCPパッケージはリードフレームを用いるパッケージと比較して、基板上的ワイヤボンド端子がチップと極めて近接した構造をとっている。そのため従来のペースト状のダイボンディング材を用いると、ペーストのはみ出しやブリードによってワイヤボンド端子が汚染しやすくなる問題が生じる。また、最先端のMCPではパッケージの厚みの制約からチップが薄くなる傾向があり、ペーストがチップ上面まではい上る問題も生じる。この分野に使用されるダイボンディング材はフィルムタイプが有利である。また絶縁信頼性や、ポイドレス、厚みが均一でチップ傾きが生じない点からも、フィルム状ダイボンディング材が有利であると考えられる。これらの課題解決のために当社は世界に先駆けて1995年にダイボンディングフィルム(以下、DAFと称す)を開発した^{7), 8)}。

図5にワイヤボンドを用いて接続する一般的なBGAおよびMCPパッケージの構造を示す。ワイヤボンド方式はリードフレームを用いるパッケージと接続方式が同じであるため、従来設備が使用できることから低コスト化に有利なパッケージであり、ほぼすべての半導体組み立てメーカーに採用されている。

近年、DAFには図6に示すような種々の半導体パッケージの形態に応じた多様な特性を有するフィルムが要求されている。

例えば

- 1) チップ/基板接着フィルム(基板段差埋込性)
- 2) チップ/チップ間接着フィルム(膜厚均一性、薄膜化)
- 3) 複雑な積層構造の中でワイヤボンドを可能にするフィルム
(スペーサ用フィルム: 厚膜化, 金ワイヤ充填フィルム: 流動性)
- 4) 小チップ用フィルム(高弾性)

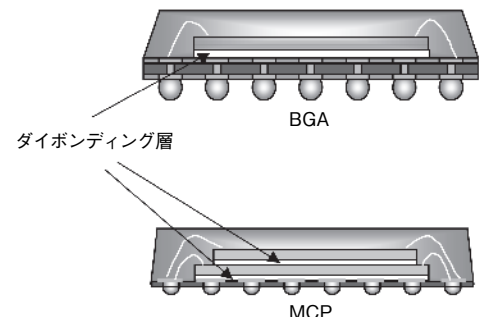


図5 BGAおよびMCPパッケージの構造
Figure 5 Structures of BGA/CSP and MCP

これらの要求に対し、当社では種類の違うベースポリマーの検討⁹⁾、熱硬化性材料の探索や反応誘起型相分離構造などの技術^{10), 11)}を駆使し、対応を行ってきており、製品も多様化している。

また、チップの多段積層化が進むにつれて、ウエハー搬送性の確保といった新たな課題を解決する必要が生じた。DAF付きのチップをピックアップし、基板や下段チップ上にダイボンドするプロセスにおいて、DAFとダイシングテープの2度のラミネート工程は工数を増加させるだけでなく工程間のウエハー搬送時にウエハーダメージ(割れ、欠け)を生じやすいといった欠点を有していた。

そこで、これらの課題解決のため、DAFとダイシングテープの組み合わせによるダイシング・ダイボンディング(以下、DC・DBと略す。)一体型テープが重要になっている。このテープを使用することで、これまで、ウエハーにDAFとダイシングテープをそれぞれ貼付していたのが、1回の貼付で済むため、工程が簡略になり、一旦ラミネートした後はウエハーリングにウエハーおよびテープを固定した状態となるため、ウエハーの搬送性が向上する。結果として、ラミネート工程でのウエハーの破損が少なくなる。

当社は、ダイシングテープとDAFを積層したDC・DB一体型テープ「ハイアタッチFH/HRシリーズ」および「DC・DB一体型ハイアタッチDFシリーズ」を開発した(図7)。これらのフィルムは、ダイシングテープとDAF間の密着性に優れ、ダイシング工程においてダイシング時にチップ飛びなどが発生しない一方、DAF付きチップがピックアップ可能な設計とした。このようにプロセス適合性、信頼性に優れたDC・DB一体型テープを開発した結果、広く使用されるに至っている¹²⁾。

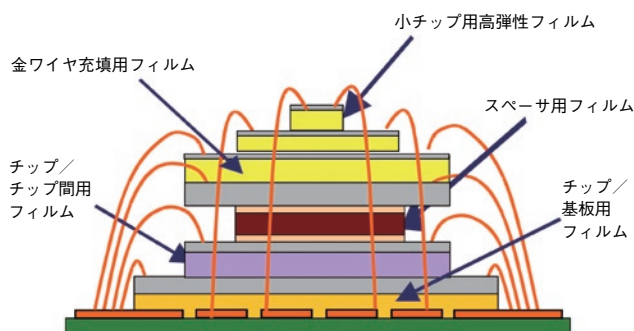


図6 ダイボンディングフィルムの適用形態と製品群

Figure 6 Application of die-bonding Film in the Semiconductor Package

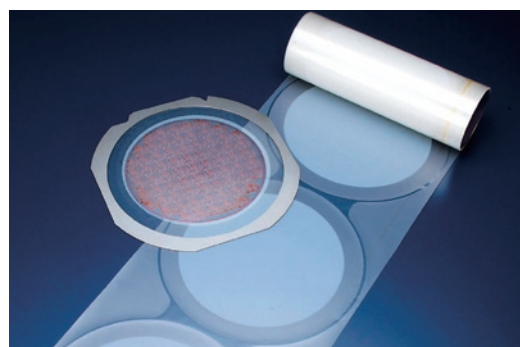


図7 ダイシング・ダイボンディング一体型テープの形態

Figure 7 Appearance of Dicing/Die-bonding Double Functioning Tape

2.2 今後の展開

今後のパッケージ構造の変化、多様化により、DAFにはさらに多様な特性や技術が要求されると考える。

- 1) 厚膜(>50 μm)や薄膜(<10 μm)などの製膜技術
- 2) ダイシングなどのプロセスに適応した、ダイボンドおよびダイシングテープ技術
- 3) 高放熱(高熱伝導)技術

一方、新分野への展開としては

- 1) TSVなどの新規構造パッケージへの展開
- 2) センサー用途などの新規接着フィルム

これらの課題を解決するためには、従来の技術に加え、感光性などの新技術を検討する必要がある。従来用途に加え、センサー用接着剤などの種々の実装材料に対応する開発も重要となる。

【参考文献】

- 1) 山口豊, 他: 異方導電フィルム, サーキットテクノロジー, (社)エレクトロニクス実装学会, p.4362(1989)
- 2) 渡辺伊津夫: 異方導電フィルム, 高分子, p.799(2004)
- 3) 後藤泰史: 異方導電フィルムによる実装技術とプリンタブルエレクトロニクスへの展開, (株)電子ジャーナル(2012)
- 4) I.Watanabe: Proc.2004 Int.IEEE Conf. on the Asian Green Electronics, p.29(2004)
- 5) 後藤泰史, 他: 高精細COG接続用異方導電フィルム, 月刊ディスプレイ, Vol.7, No.3(2001)
- 6) 春田亮: 電子材料, 12, 96(2007)
- 7) 武田信司, 増子崇, 湯佐正己, 宮寺康夫: 日立化成テクニカルレポート, 24, 25(1995)
- 8) S.Takeda et al.: A Novel Die Bonding Adhesive, IEEE Electronic Components and Technology Conference 518(1997)
- 9) 増子崇, 武田信司: ネットワークポリマー, 25, 181(2004)
- 10) 加藤利彦, 諏訪修, 藤井真二郎, 山崎充夫, 増子崇: 日立化成テクニカルレポート, 43, 25(2004)
- 11) 稲田禎一, 岩倉哲郎, 畠山恵一, 松崎隆行: ネットワークポリマー, 26, 18(2005)
- 12) 稲田禎一: 日立化成テクニカルレポート, 7, 52(2009)