高機能性有機実装基板材料

信耕 豊太郎*

Base Materials for High Functional Plastic Packaging Substrates

Toyotaro SHINKO*

*日立化成工業株式会社下館工場基材開発部 (〒308-8521 茨城県下館市大字小川1500)

*Base Materials Development Dept., Shimodate Works, Hitachi Chemical Co., Ltd. (1500 Ogawa, Shimodate-shi, Ibaraki 308-8521)

1. はじめに

携帯用電子機器を主体とするマルチメディア製品の急速な発展に伴い、部品実装基板であるプリント配線板は、高密度、薄形化の要求に対応することが必要となっている。また半導体素子の高集積化に伴い、電子デバイスは小型化、多ピン化で高密度実装となる¹⁾。配線板の層間絶縁に使用される基板材料は、高密度実装を実現するために高耐熱性、低熱膨張性、低誘電率などの特性と共に層間厚が薄くても高い信頼性が要求される。

用途別では、BGA/CSPなどに用いられるパッケージ基板と、それらを搭載するマザーボード基板に大別することができるが、いずれも機能性の高い新規な材料への期待は大きい。これらについて、最近の研究開発動向を紹介する。

2. 多層プリント配線板用材料の現状

大型計算機、電子交換機の分野で採用されたMCMは、小型、軽量化を志向するワークステーション、携帯端末機器に急速に普及している。それに伴いセラミック多層配線板のMCM-C、薄膜多層配線板のMCM-Dから多層プリント配線板のMCM-Lに移行してきている。

パッケージ基板にはベアチップあるいはCSPを直接搭載するため、耐リフロー性に優れる高Tgで高耐熱性材料が、またフリップチップ実装時の接続信頼性を確保する低熱膨張材料が要求されている。マザーボード基板用材料は、同様に耐熱性の向上が必要であり、高周波に対応するため、伝送損失の低減を目指す低誘電正接材（低tanδ材）、基板の小型化（回路内波長の短縮化）が可能な高誘電率材（高ε材）、信号の高速化に必要な低誘電率材（低ε材）などが開発されている。

高密度配線が必要な多ピンパッケージの搭載基板には、ビルドアップ配線工法がきわめて有用であり、それに対応した材料が各社より提案されている。

以上の観点から耐熱性に優れたパッケージ基板用材料、

当面マザーボード用として低ε、高ε、低tanδが要求されている高周波基板用材料、およびビルドアップ配線板用材料について報告したい。

3. パッケージ基板用材料

一般の多層配線板用途には、2官能あるいは4官能性のエポキシ樹脂が電気特性、成形性、加工性に優れているために採用されている。一方、高信頼性、高耐熱性が必要な20層以上の高多層配線板用途には、高Tgでスルーホール信頼性、耐銅マイグレーション性に優れたポリイミド樹脂系（ビスマレイミド、ビスマレイミド／トリアジン）²⁾が使用されている。しかしこのポリイミド樹脂系は、エポキシ樹脂系と比較して吸水率が高く、接着強度が低いなどの問題点がある。なお、銅マイグレーションは、高湿度環境下において、導体間の電位差により陽極の銅が溶出し、ガラス繊維と樹脂界面を移動・析出する現象であり、スルーホール間で発生しやすい。対策としては、樹脂中の不純物イオンの低減や、銅の溶出が少なく、銅補足能に優れたポリイミド系樹脂やフェノール硬化系エポキシ樹脂の採用が提案されている³⁾。

半導体パッケージの重要な信頼性項目の一つとして、耐PCT性、耐リフロー性がある。リフロークラックは実装基板、ダイボンダ材、封止材などの吸湿した水分がリフロー時の加熱によりガス化し発生する。発生部は主にソルダレジストとパッケージ基板の銅箔界面が多く、吸水率の小さい材料が要求される。

そこでパッケージ基板用途には、エポキシ変性ビスマレイミド／トリアジン樹脂系、IPN(Interpenetrating Polymer Network)エポキシ樹脂系⁴⁾、熱硬化PPE樹脂系⁵⁾などの適用が検討され実用化されている。一方では、薄膜多層をターゲットにした感光性ポリオレフィン樹脂などの優れた電気特性、耐熱性が注目されている⁶⁾。

4. 高周波基板用材料

大型コンピュータの分野では、信号伝播速度の向上のため

め低 ϵ 材が要求されている。低 ϵ 材の一例として、マレイミド・スチリル樹脂（MS樹脂）を採用し、誘電率3.7の積層材料を用いた46層の多層プリント配線板が超高速コンピュータに適用された。分子構造と誘電率の相関性を検討した結果を分子設計にフィードバックすることでポリイミドの耐熱性を維持したままで低 ϵ 化に成功した⁷⁾。

移動体通信分野では、GHzオーダの高周波帯域に移行するため、その帯域での伝送損失の低減が重要であり、低 $\tan\delta$ 材が要求されている。高周波特性が優れていることで知られているフッ素樹脂は、寸法精度や低温成形性に難点があり、それらに適合する材料として熱硬化型PPE樹脂が開発された。またBT樹脂やシアネート樹脂もその優れた高周波特性が注目され、実用化が進んでいる⁸⁾。

最近コスト競争力に優れた材料要求が強く、汎用性のあるエポキシ樹脂をベースに樹脂構造中の極性基を減らし低 ϵ 化、低 $\tan\delta$ 化を達成している⁹⁾。

一方高 ϵ 材は、回路内波長を短く設計することが可能となり基板の小型化が図れるため、携帯電話のパワーモジュールなどに適用されている。有機基板の高 ϵ 化としては、エポキシ樹脂系に誘電率が100以上のセラミックを配合する手法¹⁰⁾が用いられている。また基材は、一般的なEガラスを採用することで、ドリル加工性への影響が少ない高 ϵ 材が開発され、従来のセラミック基板からの代替が進んでいる¹¹⁾。

5. ビルドアップ配線板用材料

従来の多層プリント配線板は、小径ビアホール（IVH）形成が困難であり高密度配線の設計自由度が小さく、微細化に限界が見えてきた。微細配線形成を低コストで可能とするビルドアップ配線板の工法および層間絶縁材料が各社より数多く提案されている。代表的なIVH形成法は、従来のドリル加工以外にフォト法、レーザ法、プラズマ法がある。また、IVHの導通のための接続方法は、従来のめっき法に代わり、ペースト充てん、パンプ接続、ビアポスト法などの新規工法が提案されている。

現状におけるビルドアップ配線板の生産比率は、多層プリント配線板の約10%と推定されているが、今後は、適切な層間絶縁材料の開発と、プロセス技術の確立によって大幅に拡大することが期待されている。

図1は、ビアホール／ランド径を変え、配線幅と配線密度の関係を計算で求めたものである。ただし計算条件は、配線幅と間隔を等しいとした。ビアホール／ランド径を小さくすると、配線幅が100 μm 以下で配線密度が飛躍的に向上する¹²⁾。この様に配線密度の向上には、ビアホールの小径化が不可欠であり、各社で種々の材料開発が進められ $\phi 100\mu\text{m}$ 前後のビアホールが実用化されている。

フォトビアプロセスは、通常のプリント配線板製造設備を使用できるが、製品の解像性、めっき強度等は、層間絶

図1. 高密度配線、小径化とIVH形成法

縁材料が大きく影響する¹³⁾。一方レーザビアプロセスは、材料選択の自由度が大きく装置の急速な進歩により実用化が拡大している。

図2は、各種ビルドアッププロセスにおける層間絶縁材料の「製品形態」、「絶縁層形成方法」、「IVH形成方法」を示すが、各々に対応した各社の代表的な商品および開発品を適用例として示した。「製品形態」は、液状（インキ）での提案が多く、カーテンコート、スクリーン印刷などで絶縁層を形成する。フィルムおよび銅箔付きフィルムは、ロールラミネートあるいは積層プレスを使用するが、材料の取り扱い、工程の簡略化に適合した製品が実用化されている。特にロールラミネートは、絶縁層の両面同時形成が短時間に可能であることから、これに用いるフィルムの成形性、硬化性などの技術課題の改善が急がれている。

「IVH形成方法」は、感光性材料を使用したフォト法お

図2. 各種ビルドアップ配線板用材料

（商品名などはカタログなどを参照して記載した）

よび熱硬化性材料を使用したレーザ法が一般的であり、各社では各々に対応した絶縁材料を実用化あるいは開発中である。

今後は、さらなる高性能化、高効率化に対応したビルドアップ材料が提案されることにより、ユーザは材料および工法選択の自由度が増し、より高密度な多層プリント配線板の開発促進が期待される。

6. まとめ

多層プリント配線板用材料は、コストパフォーマンスに優れたエポキシ樹脂系材料を主体に高性能化が進められてきたが、電子機器の多機能化によりパッケージ基板、高周波基板に要求される特性を満足するため、既存樹脂とのポリマーアロイ化や感光性付与などが図られている。今後の基板材料は、パッケージ基板、マザーボード基板の性能向上に対応して種々の開発、改良が計画されている。

(1998.12.8-受理 1999.1.7-再受理)

文 献

- 1) 高木 清：“目覚しいビルドアップ多層PWBの開発動向”，表面実装技術，Vol.7，No.2，p.2，1997-1
- 2) 大鳥利行：“硬化性樹脂の研究，開発の流れ”，高分子，Vol.47，No.4，p.241，1998
- 3) 高野 希：“プリント配線板の耐電食性に及ぼす樹脂の影響”，サーキットテクノロジー，Vol.5，No.6，p.337，1990
- 4) 米本神夫：“高耐熱多層PWB用材料”，表面実装技術，Vol.7，No.6，p.60，1997
- 5) 片寄照雄：“低誘電率熱硬化型PPE樹脂”，エレクトロニクス実装技術，Vol.10，No.6，p.55，1994
- 6) 伊藤幹雄：“OH基を制御した高周波プリント配線板用材料の開発”，回路実装学会誌，Vol.10，No.3，p.143，1995

- 7) A. Takahasi：“Low Dielectric Material for Multilayer Printed Wiring Boards”，IEEE Trans. Vol.13，No.4，p.1115，1990
- 8) 竹口和則：“低誘電率ガラスエポキシ基板”，電子材料，p.52，1994-10
- 9) 伊藤幹雄：“高周波対応プリント配線板用材料”，電子材料，p.57，1994-10
- 10) 脇野喜久男：“誘電体”，日本セラミック協会編セラミック工学ハンドブック，第7編，1989
- 11) 根岸晴己：“高誘電率積層板MCL-HD-67”，日立化成テクニカルレポート，No.24，p.13，1995-1
- 12) 川本峰雄：“ビルドアップ有機基板”，回路実装学会誌，Vol.11，No.5，p.338，1996
- 13) 山寺 隆：“フォトビア形成用絶縁材料”，電子材料，p.17，1996-10

用語解説

PCT：プレッシャークッカーテスト

基板などの耐湿性試験のひとつで，高温高圧状態（例：121℃，2.2気圧，96時間）で処理し，外観変化などをテストする方法。

PPE：ポリフェニレンエーテル

耐熱性，低誘電率特性，低吸水性に優れた熱可塑性樹脂。

信耕 豊太郎（しんこう とよたろう）
昭和26年生まれ。昭和50年，大阪府立大学工学部応用化学科卒業。現在，日立化成工業株式会社下館工場基材開発部において，ビルドアップ配線板用材料の開発に従事。