

「高密度実装へのポリイミド材料の適用」

鐘淵化学工業株式会社
エレクトロニクスRDセンター
伊藤 卓・永野広作

1. はじめに

近年、電子機器は小型化、高機能化、高速化に代表される高性能化が目覚ましいスピードで進展している。これらを実現する為の技術として「高性能半導体デバイスの設計・製造技術」、および「高性能半導体デバイスを回路形成されたプリント配線板上に有効に配置し、機能させることを目的とする高密度実装技術¹⁾」がある。この高密度実装技術に適用される樹脂材料としてポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、液晶ポリマー等が挙げられるが、特にポリイミド樹脂はその優れた耐熱性・電気信頼性とともにも近年の環境調和材料に対する興味の高まりに後押しされる形で採用が進んでいる材料の一つである。

ポリイミド樹脂は古くから電子材料分野において広く使用されてきた実績のある材料であり、液状、成形体、フィルム等の種々形態のものが市場に供給されている。フィルム状に成形したポリイミドフィルムはフレキシブルプリント配線板用途、TAB用途等の高密度実装を必要とされる分野において実用化されており、特に近年、携帯電話等の携帯機器に搭載される小型液晶パネル用のプリント配線板として導体層とポリイミド樹脂だけから構成される2層CCLを用いたフレキシブルプリント配線板が盛んに用いられている。これはフレキシブルプリント配線板上に液晶駆動用ICチップを高密度実装が可能なフリップチップ実装を行なう際、300℃を越えるプロセスにさらされる為、従来のエポキシ樹脂接着剤よりも優れた耐熱性を有する材料としてポリイミド樹脂が採用されたことが背景にある。また、高密度化に伴いプリント配線板の導体幅は益々細くなる傾向があり、これに伴ない絶縁層の厚みも薄くなっており、電気絶縁特性に優れるポリイミド樹脂も検討されている。このように高密度実装化が進行する中、今後更にポリイミド樹脂の採用が進むと考えている。

鐘淵化学工業(株)は超耐熱性ポリイミドフィルム「APICAL™ (アピカル)」、熱可塑性ポリイミド材料「PIXEO™ (ピクシオ)」の開発・製造・販売を行っており、電子材料分野においてその優れた耐熱性、絶縁信頼性等により市場から高い評価を頂いている。本稿では長年蓄積されたポリイミド分子設計技術・フィルム化技術・表面処理技術等をベースに開発中の新規ビルドアップ材料について紹介する。²⁾

2. ポリイミド系新規ビルドアップ材料開発の背景

半導体デバイスの高集積化、回路の複雑化に基づくI/O数の増大および動作周波数の高周波化が進行している。半導体の性能を最大限に発揮するための電気的特性に優れた実装方法としてフリップチップ実装が挙げられ、近年その実用化に向けた検討が盛んに行われている。社団法人 電子情報技術産業協会発行のロードマップ³⁾によるとエリアアレイ型フリップチップの最大パッド数は、現状の3,000程度が2010年には約20,000(いずれも10mm□チップあたりの数)に増加し、最小パッドピッチも現状の200μmが2010年には70μm迄狭くなるとされている。(表1)

表1 2001年度版日本実装技術ロードマップ(抜粋)

項目		2000年	2003年	2005年	2010年
エリアアレイ型 フリップチップ	最大パッド数 (ヶ/10mm□)	2,500	4,356	9,801	19,881
	最小パッドピッチ (μm)	200	150	100	70
ビルドアップ構造 サブストレート	最小導体幅 (μm)	35~25	25~15	20~7	15~7
	最小ビルドアップ 層厚さ(μm)	35~20	30~20	25~15	15~10
	特性インピーダン ス精度(±%)	10	10~7	10~5	10~5

この流れを受け、チップを実装するビルドアップ構造サブストレートにも配線の高密度化、優れた電気特性を有すること、等様々な要求が課せられている。高密度化の指標となる最小導体幅は現状約30μmであるが2010年には10μm前後になるとされている。³⁾ これを実現する為にセミアディティブ法により精度良く回路形成することが検討されている。⁴⁾

また、優れた電気特性の一つとしてビルドアップ配線板の特性インピーダンスの公差が小さいことがあげられ、現状±10%の公差を2010年には±5%程度まで小さくすることが求められている。³⁾ 特性インピーダンスは式1、図1で与えられる。

$$\text{式1 } Z_0 = \frac{87}{(\epsilon + 1.41)^{0.5}} \ln \frac{5.98h}{0.8W + t} \quad (\Omega)$$

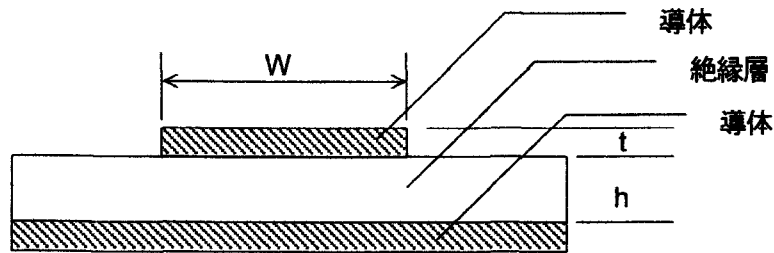


図1 マイクロストリップラインの特性インピーダンス(Z_0)

特性インピーダンス公差を小さくする為には導体幅、導体厚みを回路設計値からのずれが出来るだけ小さくなるように作りこむことが必要である。一方、絶縁層形成の観点からは層間絶縁層の誘電率と厚みを設計通りにする事が重要である。式1を用い特性インピーダンスを50Ωとした時の導体幅と絶縁層厚みの関係を計算した結果を図2に示す。図2より、高密度化の流れに従い導体幅が細くなるのに従い、絶縁層厚みも薄くする必要があり、導体幅が10μmとなった場合、絶縁層厚みも10μm程度の薄さに精度良く制御する必要があることが判る。現状ビルドアップ工程ではビルドアップ材料の流動性とプレス条件を適正化することにより、絶縁層厚みを30μm程度になるように制御しているが、絶縁層厚みが更に薄く10μm程度とな

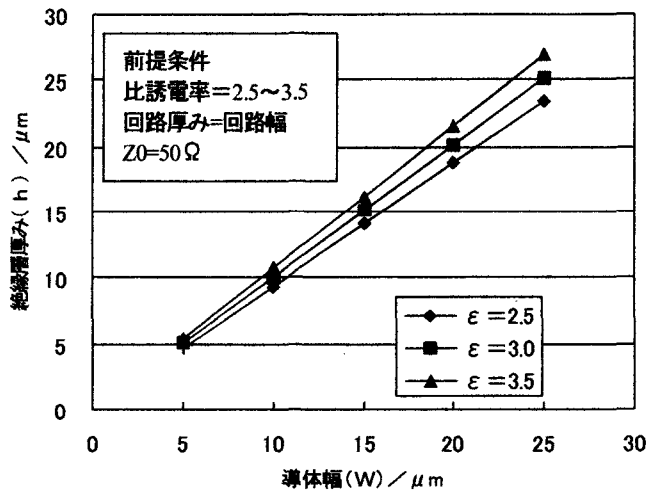


図2 導体幅と絶縁層厚みの関係

った場合には、プレス条件の適正化だけではなく、新たな構成のビルドアップ材料が必要になると考えている。これら背景のもと、新規ビルドアップ材料の開発に着手した。

3. 新規ビルドアップ材料の開発目標と材料構成

開発に先立ち、以下の4点を実現できることを目標とし材料の設計を行った。

- セミアディティブ工法による20 μ mピッチ以下の微細配線形成が可能であること
- 特性インピーダンス制御の観点より、層間絶縁層厚みを薄くかつ均一な厚さに制御が可能であること
- 高ガラス転移温度、低線膨張性、低誘電特性を有すること
- 通常ビルドアップ配線板製造プロセスの適用が可能であること

上記目標を実現するため、開発品の材料構成を図3に示す、シード層、ポリイミドコアフィルム層、ポリイミド接着層からなる3層構成とした。また図4に示すセミアディティブ工法によるビルドアップ配線板製造プロセスを適用することとした。各層の機能について

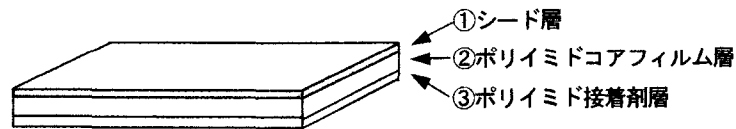


図3 開発品の材料構成

簡単に説明する。シード層は表面平滑なポリイミドコアフィルム上に強固に接着した金属薄膜であり、セミアディティブ工法により回路形成する際において、ポリイミドコアフィルム層と化学めっき銅層を相互に接着させる機能を果たす。また、ポリイミドコアフィルム層はポリイミドフィルムの製造工程においてその厚さが一定になるよう

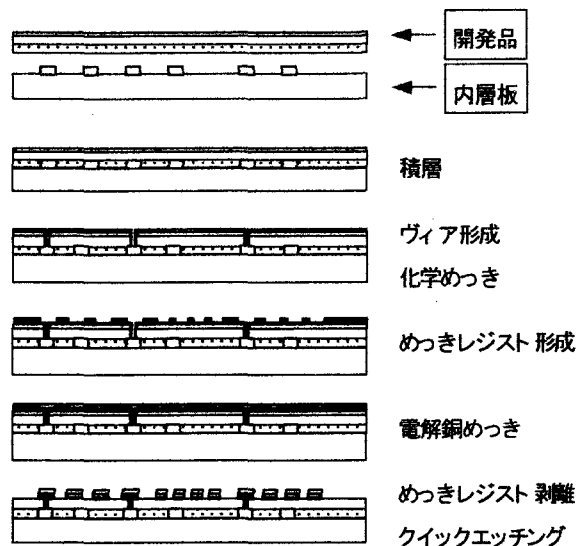


図4 ビルドアップ配線板の製造プロセス

に製造されており、先に述べた様に絶縁層厚みを10 μ m程度の薄さに精度良く制御する機能を有する。このコアフィルムには弊社アピカルHPグレ

表2 アピカルHPの代表特性

特性	アピカルHP
引張強度	353MPa
引張伸び率	45%
引張弾性率	6.1GPa
線膨張係数	11ppm/ $^{\circ}$ C
吸湿膨張係数	7ppm/%RH
吸水率	1.2%

ードを用いている。アピカルHPは従来のポリイミドフィルムの弱点である吸水・吸湿特性を改良したものであり、低吸水率、低吸湿膨張性を示すことに特長がある。代表特性を表2に示す。さらにポリイミド接着層は積層により内層回路を埋め込み、物理的に接着する機能を有し、電気的特性・耐熱性等のポリイミド樹脂の特長を生かした設計がなされたものである。

以下、開発品のプロセス適合性と開発品の材料特性について説明する。

4. 開発品のプロセス適合性

4-1 積層性

開発品をFR-4基板(L/S=100 μ m/100 μ m、回路厚み9 μ m)に対し積層した際の断面形状を写真1に示す。積層には真空プレス装置を用い、積層温度180 $^{\circ}$ C、積層圧力3MPa、プレス時間1時間の条件で行った。写真1よりFR4上に形成された回路の回路間にポリイミド接着剤が流れ込み、またポリイミドコアフィルム厚みに応じた均一な層間絶縁層厚みとなっている。これより開発品は特性インピーダンスの制御されたビルドアップ配線板製造に適した材料であると考えている。

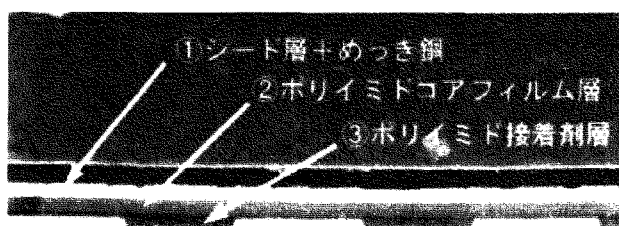


写真1 真空プレス後の断面写真写真

4-2 レーザー加工性

写真2にUVレーザーを用いて形成したビア断面を示す。50 μm 径の良好なビア形状を有していることがわかる。

4-3 回路形成性

開発品のシード層は表面粗度 R_z が0.2 μm 程度の平滑なポリイミドコアフィルムに強固に接着している為、一般的なセミアディティブ工法で行う樹脂表面の粗化处理 ($R_z=3\sim 5\mu\text{m}$) を行うことなく高い接着強度を得ることができる。開発品シード層上に化学銅めっき(Pd触媒)、電界銅めっきを施し接着強度の評価を行い、常態で7N/cm、PCT後で5N/cmと良好に接着していることを確認している。

次に、開発品に対し「化学銅めっき(Pd触媒)→レジスト形成→電界銅めっき→レジスト剥離→クイックエッチング」なる図4に示すプロセスにより形成した20 μm ピッチの微細配線形状

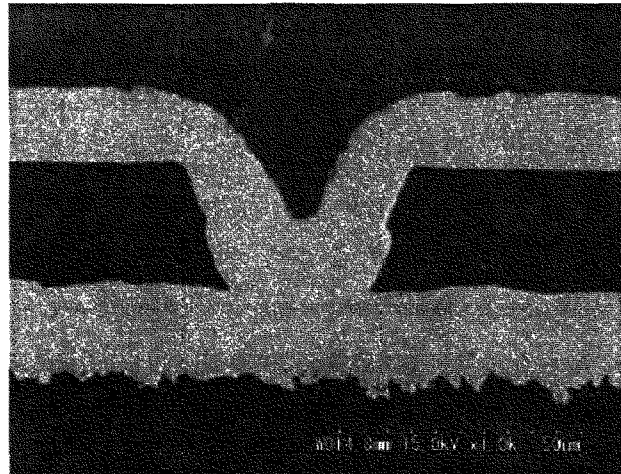


写真2 UVレーザービア形状

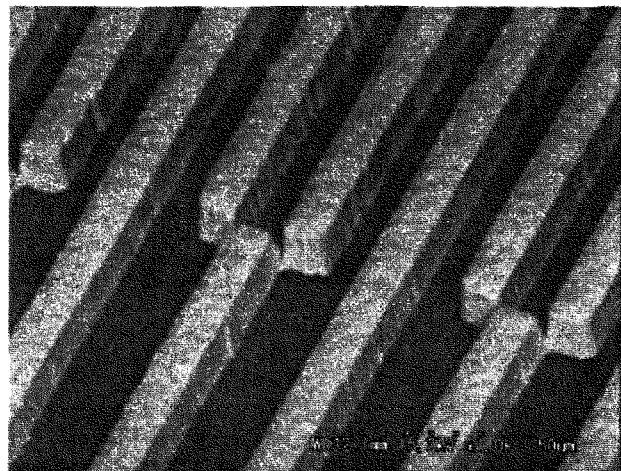


写真3 微細配線形状(20 μm ピッチ)

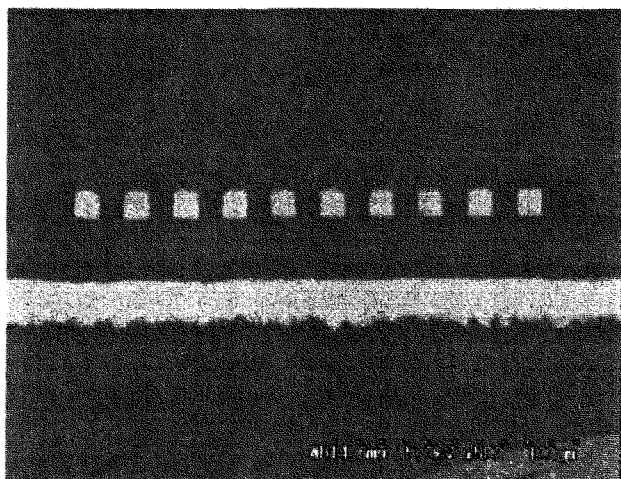


写真4 微細配線の断面形状(20 μm ピッチ)

(写真3)、断面形状(写真4)を示す。写真3、4より良好な矩形形状を有する回路が得られていることがわかる。また写真4より矩形形状を有する回路底部が滑らかな形状を有していることがわかる。このことはGHz帯における信号伝送において問題となる伝送損失を低減する効果があると考えている。

次に得られた配線パターンの表面元素分析をエネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いて行った結果、スペース部分(ポリイミド表面)には実質的に銅元素が存在しておらずスペース部分が良好にエッチングされていることが確認された。また、一般的な粗化法によるセミアディティブ工法では樹脂表面に残留する化学めっき触媒のPdも存在していないことも同分析により確認された。開発品を用いた場合、化学めっき触媒であるPdはシード層上に付着しクイックエッチングの際にシード層とともに除去されることに加え、ポリイミドコアフィルム表面が表面粗さ $R_z = 0.2 \mu\text{m}$ と滑らかである為にクイックエッチング液の液回り性が良好になった結果であると考えられる。このことにより、今後配線の狭ピッチ化が進んだ際に必要となる回路間の高絶縁性に寄与するものと考えている。

5. 開発品の材料特性

開発品の特性一覧を表3に示す。特筆すべきは線膨張係数が小さいことであり、 20°C から鉛フリー半田のリフロー温度である 260°C までの温度領域で 28 ppm と小さな値を示す。これは弊社ポリイミドフィルム「アピカル™」の中でも熱・湿度に対する寸法安定性に優れたHPグレードを開発品のポリイミドコアフィルム層に採用したことが大きく寄与しており、リフロー耐性、ヒートサイクル耐性等に優れた材料になると期待している。また、比誘電率は3.5、誘電正接は0.018であり、信号伝送にお

表3 開発品の代表特性

特性	開発品
シード層の接着強度	7N/cm
ポリイミド接着剤の接着強度	9N/cm
ガラス転移温度(DMA法)*	160°C/310°C
線膨張係数*	28ppm
比誘電率(2GHz)*	3.5
誘電正接(2GHz)*	0.018

*はポリイミドコアフィルム/ポリイミド接着剤の複合材料としての特性

ける誘電損失に対する影響が特に大きい誘電正接に関して良好な特性を有している。

6. 今後の展開

今後、本稿の開発品に関し、電気特性、電気信頼性試験等の評価を進めるとともに、それら評価結果をもとに材料の改良を行っていく予定である。

7. 参考文献

- 1) エレクトロニクス実装大辞典, 社団法人エレクトロニクス実装学会編, 2000
- 2) 伊藤卓、西中賢、下大迫寛司、村上睦明、永野広作; 第16回エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集, 243 (2002)
- 3) 2001年度版日本実装技術ロードマップ, 社団法人 電子情報技術産業協会発行, 279, 2001
- 4) 下戸直典, 菊地克, 松井孝二, 嶋田雄三; 第10回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 31-34 (2000)