フルアディティブFine AT法プリント配線板

川本 峰雄*, 赤星 晴夫*, 吉村 豊房**, 山崎 宏***, 石丸 敏明****

Full Additive Printed Wiring Boards by Fine AT Process.

Mineo KAWAMOTO*, Haruo AKAHOSHI*, Toyofusa YOSHIMURA**,
Hiroshi YAMAZAKI*** and Toshiaki ISHIMARU****

*株式会社日立製作所日立研究所 (〒319-12 茨城県日立市久慈町4026)

**株式会社日立製作所東海工場 (〒312 茨城県勝田市大字稲田1410)

***日立化成工業株式会社山崎工場 (〒317 茨城県日立市東町4-13-1)

****日立化成工業株式会社茨城研究所 (〒317 茨城県日立市東町4-13-1)

*Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd. (4026, Kujimachi, Hitachi-shi, Ibaraki 319-12)

**Hitachi Tokai Works, Hitachi Ltd. (1410, Oaza-Inada, Katsuta-shi, Ibaraki 312)

***Yamazaki Works, Hitachi Chemical Co., Ltd. (4-13-1, Higashi-cho, Hitachi-shi, Ibaraki 317)

****Ibaraki Research Laboratory, Hitachi Chemical Co., Ltd. (4-13-1, Higashi-cho, Hitachi-shi, Ibaraki 317)

概要 紫外線硬化型接着剤フィルムと高解像性めっきレジストフィルムを開発し、新しいフルアディティブプリント配線板製造プロセスを実用化した。無電解銅めっき液は先に開発した析出速度 $5 \sim 8 \mu\text{m/h}$ の高速液を使用している。これら技術開発により、板厚 0.4mm 、回路幅、間隔とも $50\mu\text{m}$ の信頼性の高い薄形、高密度プリント配線板が得られる。すでに、各種ビデオ製品に適用している。

1. 背景

民生用電子機器の小型軽量化に伴い、高密度部品実装に対応できる薄形、高密度プリント配線板が望まれている。従来より、 $100\mu\text{m}$ 以下の回路を安定形成するにはフルアディティブ法が有利であり、AP-II法を始め数種の方法が実用化¹⁾されている。

これら従来方法では、絶縁基板に形成する接着剤が、ディップ法、またはカーテンコート法で塗布する液状の加熱硬化型であった。このため 0.6mm 厚以下の基板では、板のたわみにより塗布した接着剤が流れて均一厚の接着剤層が得られず、薄形化は 0.8mm 厚が限界であった。また、接着剤の絶縁抵抗が低く、微細回路の絶縁性確保に限界があった。さらに、加熱硬化に 160°C 、90分以上を要し、この時生じたひずみのはんだの熱で解放されて反りやねじれの原因となっていた。

今般、これらの問題を解決する紫外線硬化型の接着剤フィルムを開発した。一方、回路幅、間隔のよ

り一層の高密度化を図るため、新たに高解像性めっきレジストフィルムも開発し、フルアディティブFine AT法を実用化した。そのプロセスの概要と、プリント配線板特性について報告する。

2. 製造プロセス

新たに開発したFine AT法を、従来のAP-II法と比較して図1に示す。両者の異なる点は絶縁基板への接着剤の形成方法である。従来法は基板の表面と裏面に分けて液状接着剤をカーテンコートし、その後、加熱硬化していた。これに対し、Fine AT法では、フィルム化した接着剤をホットロールで基板両面に同時にラミネートし、紫外線で硬化させる。表裏回路接続用の穴あけ工程以降は、従来と同じプロセスをとる。すなわち、接着剤表面の粗化、めっき触媒の付与、めっきレジスト形成、無電解銅めっきである。Fine AT法では、この接着剤フィルムの他、新たに開発した高解像性めっきレジストと高速無電解銅めっき液²⁾を使用している。したがって、工程が

図1. プリント配線板の製造プロセス

表1. 接着剤の特性

		開発品 (フィルム)	従来品 (液状)	備考
主成分		エポキシ樹脂 フェノール樹脂 架橋型NBR	フェノール樹脂 イオウ加硫 型NBR	
硬化		紫外線	加熱	
適用板厚 (mm)	リジット	0.4	0.8	各種絶縁基板
	フレキシ	0.1	不可能	ポリイミド
絶縁抵抗 (Ω)	初期	4.8×10^{14}	3.8×10^{12}	DC500V
	吸湿*	8.2×10^{13}	7.2×10^{11}	$\times 1 \text{ min}$
吸水率(%)*		0.02	0.3	カールフィsher法
耐熱性(°C)		330	290	昇温速度 5°C/min

*……40°C, 95%RH, 240h

大幅に簡略化されていると共に、高速化も達成している。次に、これらの要素技術について説明する。

2.1 接着剤フィルム

接着剤をフィルム化した目的は、薄形化に対応するためである。この接着剤フィルムの諸特性を表1に示す。

主成分はエポキシ樹脂、フェノール樹脂架橋型 NBR (アクリロニトリルブタジエンゴム) であり、紫外線で硬化する。ラミネート方式のためリジット基板で0.4mm厚にも使用できる。基材の種類は紙フェノール板、コンポジット板、ガラスエポキシ板など自由に選択できる。0.3mm以下ではフレキシブル基材との

境界領域となる。0.1mm厚のポリイミドにも適用できる。絶縁抵抗は初期値で $>10^{14}\Omega$ 、吸湿値で $>10^{13}\Omega$ と従来の接着剤と比較して2桁向上している。耐熱性(熱分解開始温度)も330°Cと40°C高い。紫外線硬化型の接着剤フィルムとしたことで下記のメリットがある。

- ① 接着剤形成工程および接着剤形成時間の短縮
- ② 薄形基板の使用が可能
- ③ 紫外線硬化のため、絶縁基板の熱劣化を解消
- ④ 付帯設備および床面積の低減

図2に、粗化した接着剤フィルムの表面状態を示す。従来の接着剤とは異なり、微細な凹凸が均一に形成されている。この接着剤の表面形状は後述の写真法めっきレジストの解像性に影響する。このため、接着剤成分として、粗化液(クロム硫酸混液)に優先的に溶解する NBR にブタジエン含有量が約66%のものを用い、さらに、フィラーとしてアルカリ土類金属の微粉末炭酸塩を配合して、微細な表面形状が形成できるようにしている。

2.2 めっきレジスト

フルアディティブ法で使用するめっきレジストは、後述の無電解銅めっき液を汚染しないことが重要である。また、めっきレジストの解像性で回路の微細化が左右される。Fine AT 法では従来法と同様に、回路幅でこのめっきレジストを使い分けている²⁾。回路幅と間隔が共に200 μm クラスではスクリーン印刷法の紫外線硬化型インク、100 μm クラスでは写真法ドライフィルム型めっきレジストである。今後、民生用プリント配線板においても回路幅と間隔が共に100 μm 以下になることを予想すると、従来の写真法めっきレジストでは限界があった。このため、Fine AT 法では新たに高解像性の写真法めっきレジストを開発した。これを図3に示す。回路幅と間隔が共に50 μm の解像性を有する。回路は次に説明する HISEL めっき液²⁾で形成したものである。

2.3 無電解銅めっき液

従来法で使用していた無電解銅めっき液と、Fine AT 法で使用している高速度無電解銅めっき液(HISEL 液)の特性を表2に示した。

無電解銅めっき液では、めっき膜の物性向上、めっき液の安定性向上等のため、めっき反応を制御する

開発品

20 μm

従来品

20 μm

図2. 粗化後の接着剤表面

図3. 高解像性めっきレジストによる50 μm幅回路

微量成分の添加剤が不可欠である。従来、シアン化ナトリウムやジピリジルなどの有機化合物が用いられてきたが、これらの反応制御剤はめっき反応速度の抑制作用が強く、大幅なめっき速度の低下が避けられなかった。

これに対し、HISEL液では、反応制御剤としてめっき速度の抑制作用の小さい無機系の化合物を新たに見出して採用することにより、高速化とめっき膜物性の向上という相反する要求を両立させている。めっき速度として従来液の2～3倍の5～8 μm/hを実

表2. 無電解銅めっき液の特性

		HISEL液*	従来液**
析出速度 (μm/h)		5～8	2～3
めっき膜	伸び率 (%)	10～20	8～16
	引張強度 (×10 ⁸ N/m ²)	2.9～3.9	2.9～3.9

*……添加剤(無機化合物)

**……添加剤(ジピリジル)

現しており、30 μm厚の回路形成が4～6 hで完了する。

また、めっき液を繰り返し使用すると、めっき反応で生成した硫酸イオンや酸イオンがめっき液中に蓄積して、めっき液の特性を変化させることが知られている。HISEL液で採用した反応制御剤はこれらイオンの影響を受けにくい。このため、めっき液を繰り返し使用しても、めっき液の安定性が優れている。また、めっき膜物性の低下がみられないため、スルーホール信頼性の高いプリント配線板が得られる。

3. プリント配線板の諸特性

開発した接着剤フィルムとFine AT法プリント配線板を図4に示す。このプリント配線板の特性を、従来法と比較して述べる。

図 4. 開発した接着剤フィルムと
Fine AT法プリント配線板

表 3. プリント配線板の特性

特 性	プロセス	FineAT法(開発)		従 来 法		備 考
		PP*	GE**	PP*	GE**	
ピール強度 ($\times 10^3 \text{N/m}$)	初 期	>2.9	>2.9	2.3	2.4	
	はんだ後	>2.9	>2.9	2.2	2.3	260°C, 15s
はんだ耐熱性(s)		30	>300	20	>120	260°C
はんだ付け時の反り***		1.8	0.4	4.5	2.6	260°C, 20s

*.....紙フェノール板(XP)

**.....ガラスエポキシ板(FR4)

***.....試片のサイズ 約100×100mm

3.1 ピール強度, はんだ耐熱性

ピール強度, はんだ耐熱性, およびはんだ付け時の反り量を表3に示す。いずれの特性も従来法を大幅に上回っている。特に, はんだ付け工程での反りが小さいため, はんだ付け信頼性が向上した。両面に部品を搭載する薄形プリント配線板では, はんだ付け時の反りが大きいと, 仮付けしたチップ部品の位置ずれや, ディスクリット部品のリードのカットが均一にできないなどの問題を起こす。従来法では加熱硬化型の接着剤を用いていたため, 硬化時に下地の絶縁基板にひずみが発生し, このひずみははんだの熱で解放されて反り量が大きかった。このため, 本プロセスの接着剤フィルムはUV硬化型としてひずみに伴う反りを制御している。

3.2 回路間絶縁抵抗

フルアディティブ法では, 粗化した接着剤の全表面にめっき触媒(Pd)を付着させた後, めっきレジストを形成する。したがって, 回路間絶縁抵抗は接着剤自体の絶縁抵抗の他, このめっきレジスト下のPd量でも影響を受ける。図5はこの点について検討

〔くし型回路(回路幅/間隔=100/100 μm , 対向距離1000mm)〕
測定条件: DC100V×1min

図 5. Pd付着量と回路間絶縁抵抗の関係

したもので, 図2の接着剤表面のPd付着量と回路間絶縁抵抗(回路幅/間隔=100/100 μm)の関係を示した。めっきレジストは, 前述した新規開発の写真法めっきレジストを用いた。接着剤の絶縁抵抗が高くてもPd付着量が多いと, 回路間の絶縁抵抗が低くなることがわかる。FineAT法ではPd付着量を2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 前後にコントロールすることで, 微細回路間の絶縁性を $>10^{12}\Omega$ に確保している。このPd付着量は, コロイド系触媒の濃度, 処理温度, および浸漬時間などを制御してコントロールすることが可能である。

この結果をもとに, めっきレジストとして前述の紫外線硬化型インクを用いた回路間絶縁特性(基板; 紙フェノール板)を図6に示す。同様に, 新規開発の写真法めっきレジストを用いた回路間絶縁特性(基板; ガラスエポキシ板)を図7に示した。いずれも, 初期値, 吸湿値共に従来法より絶縁抵抗が向上している。初期値が向上しているのは, 前述したように接着剤自体の絶縁抵抗が高いことと, Pd付着量をコントロールしているためである。また, 吸湿値が改善されているのは, 接着剤の吸水率(40°C, 95% RH, 240h)が, 従来の接着剤では0.3%であるのに対し, 開発した接着剤フィルムは0.02%と小さいためである。これは, 表1に示したように, 接着剤の成分であるNBRを従来の硫黄加硫型から, 開発品ではフェ

図 6 . プリント配線板の回路間絶縁抵抗

図 7 . プリント配線板の回路間絶縁抵抗

ノール樹脂架橋型にしたこと、またエポキシ樹脂を配合したことによる効果である。

3.3 耐電食性

高密度プリント配線板では、回路間隔が狭まると電食による短絡が問題となる。従来の接着剤を用いたプリント配線板では、85°C、85% RH で約80~100 h でトリが発生して短絡が起こっていた。トリの発生は前述した接着剤の吸水率の他、成分中の Cl^- などに代表されるイオン性不純物の量で左右される。

図 8 . Fine AT法プリント配線板の耐電食性

このため、接着剤フィルムの開発にあたっては、吸水率の他、このイオン性不純物についても極力少なくするように各成分の構成と配合量を調整している。図 8 は、この Fine AT 法プリント配線板の耐電食性を示したものである。めっきレジストは前述の新規写真法めっきレジストを用いたものである。いずれも印加電圧 DC100V で行った。回路幅/間隔=100/100μm では、40°C、95% RH において 1000h 以上、85°C、85% RH においては 500h 以上の特性を示す。また、回路幅/間隔=60/60μm でも、40°C、95% RH で 500h 以上の耐電食性を示し、従来特性を大幅に向上している。

4. まとめ

以上のように、Fine AT 法はプリント配線板の薄形化、高密度化に適したプロセスである他、信頼性に優れたプリント配線板を提供できる。今後、小型軽量化が一層進む民生用電子機器への寄与がさらに期待される。(1990.11.19-受理)

文 献

- 1) 和嶋 他: “新しいフルアディティブ法”, 電子技術, 24巻, 4号 (1982), p. 92
- 2) 村上 他: “アディティブ法プリント配線板の高機能化”, 電子技術, 1989-3月別冊, p. 67