特集／エンジニアリングプラスチックへのめっき

プリント配線板

岡村 寿郎*

Printed Wiring Boards

Toshiro Okamura*

電子機器の小型、高性能化、低コスト化の有力な実現手段であるプリント配線板の製造プロセスや最近の技術動向について、アディティブ法を中心に概説した。また、エンブラの適用状況についても述べた。

1. はじめに

プリント配線板は、絶縁基板上に導体回路を形成した構造物である。その機能は、LSIなどの半導体素子や抵抗、コンデンサー、液晶表示素子などの部品を搭載すること、あるいは、これらの部品を相互に電気的に接続することであるが、最近では、この配線板上へのスイッチやモーターなどの機構部品も直接搭載されるようになり、ハウジングとの兼用も行われるようになった。

このように、プリント配線板は、各種の電子部品の高信頼性、高密度実装手段としてだけでなく、電子機器の低コスト化の実現手段としても極めて重要になってきており、その生産額も、本年度（昭和61年度）において、全半導体生産額の約1/4に相当する約7,200億円に達すると予想されている¹⁾。

そこで、プリント配線板の製造プロセスと最近の動向、今後の展望を以下にまとめた。

2. 各種のプリント配線板製造方法

2. 1 概要

プリント配線板の製造方法は、サブトラクティブ法とアディティブ法に大別される（図1参照）。

サブトラクティブ法では、銅張り積層板を出発材料とし、穴あけ（スルーホール形成）後、無電解下地銅めっき→電気銅めっきにより導体化を行い、エッチングにより回路パターンを形成する。電気めっきとしては、ピロリン酸銅めっきや硫酸銅めっきが用いられている。現在の主流となっている製造方法であり、プロセスの安定化や自動化も進んでいるが、今後の高密度微細配線化に対しては、対応が難しくなっている。

これに対して、アディティブ法では、スルーホールの導体化に無電解銅めっきのみを用いる。この製造方法は、以下に述べる様に、今後の高密度微細配線化や立体配線化（前節を参照）に適する特徴をもっており、めっき液やプロセス、関連材料の開発が進められている。

2. 2 アディティブ法プリント配線板

2. 2. 1 プロセスの概要と特長

図1に示したように、アディティブ法は大別すると、接着剤付（銅箔なし）積層板を出発材料とし、表裏平面回路とスルーホールを同時に無電解銅めっきで導体化するフルアディティブ法^{2), 3)}と、銅張り積層板をエッチングして平面回路を形成した後、スルーホール部のみを無電解銅めっきで導体化する部分アディティブ法⁴⁾、及びサブトラクティブ法のパネル電気銅めっきの代わりに無電解

* 日立化成工業㈱下館研究所

（〒308 茨城県下館市小川1500、☎0296-28-1111）

* Hitachi Chemical Co., Ltd. Shimodate Lab.,
（1500, Ogawa, Shimodate-shi, Ibaraki 308）

銅めっきを用いるパネルアディティブ法⁵⁾に分けられる。

このプロセスの特長は、

1) 工程が短く、省資源的である。

2) パンチ穴スルーホールのめっきが良好であり、安価な紙基材積層板を用いることができ、低コスト化が可能。

などであり、ラジオ、TVなどの民生機器の両面スルーホール配線板の分野で急速に成長してきた理由となっている。しかし、最近になって、以下

のような特長が産業用用途の分野でとみに注目されている。表1にこれらの特長をまとめた。

3) 小径スルーホール（穴径の小さなスルーホール）やブラインドホール（基板表裏に貫通していない穴）のめっきつきまわり性が良好。（写真1、図2参照）

4) 導体幅精度が良く、微細配線に適する。（図3参照）。

5) めっき膜厚均一性が良好なので、エッチングによる回路形成法と併用しても微細配線を得や

図1 両面スルーホールプリント配線板の製造工程

表1 アディティブ法配線板の特長

項 目		アディティブ法	サブトラクティブ法
板内めっき膜厚均一性 (めっき厚35μmの時)		±2～3μm	±15～20μm
ライン精度		±15μm以下 (めっき膜厚に無関係)	±30μm (めっき膜厚に依存)
スルーホールめっき	パンチ穴	100%	20～70%
	小径穴**	100%	30%
平滑または凹み配線		可	困難

* スルーホールめっきつきまわり性
= [穴壁中央めっき膜厚/平面
部めっき膜厚] × 100
** 板厚1.6mm, キリ径0.2ミリの
場合の値

写真1 フルアディティブ法による
小径スルーホールのめっき

すい。

6) 配線板表面の平滑性が良く、凹み配線も可能であり、素子の表面実装に適する(写真2参照)。

2.2.2 アディティブ法配線板の要素技術

アディティブ法配線板の要素技術を表2にまとめた。同表から分かるように、本法の高度化のためには、無電解銅めっき液の高性能化のみならず、積層板や接着剤、レジストなどの関連材料、あるいは、各工程のプロセス技術の高度化を図る必要がある。

図2 アディティブ法無電解銅めっきとサブトラクティブ法電気銅めっきのスルーホールめっきつきまわり性比較

(1) めっきレジスト

スクリーン印刷インク(熱硬化型またはUV硬化型)あるいは、ドライフィルムタイプのフォトリソレジストがめっきレジストとして実用化されている。現状の最小配線幅/間隔は、スクリーン印刷法で0.24mm、写真法で0.10mmである。パターン形成性以外の必要な材料特性としては、耐薬品性とめっき液汚染性があげられる。特に、レジストの硬化剤がめっき液を汚染し、めっき速度の低下や析出銅の物性低下をもたらす場合があるので、十分な配慮が必要である。

図3 導体幅のプロセスによる違い

写真2 フォトアディティブ法による
微細かつ平滑配線

写真3 化学粗化された接着剤表面

(2) 接着剤

接着剤は、めっき前処理（酸化処理）で写真3の様な粗面に表面が変化する性質を付与されており、めっきで得た銅配線と基板との密着力を確保する目的で用いられている。フルアディティブ法では、極めて重要な材料であり、上記の接着性のほかに、耐熱性の良いことも要求される。図4には当社品の例を示した。

(3) 無電解銅めっき液

アディティブ法用の厚付用無電解銅めっき液には、めっき速度が速く、しかも液が安定で管理し

表2 アディティブ法配線板の構成技術

構成技術		内容
材料	無電解銅めっき液	高速化（ $2.5\mu\text{m}/\text{h} \rightarrow 5\mu\text{m}/\text{h}$ ） 高性能化（銅箔伸び＝ $6\sim 12\%$ →ピロ銅並）
	基 材	微細穴パンチング性，耐アルカリ性 銅箔密着性，はんだ耐熱性，銅ふり抑制性
	レ ジ ス ト	微細パターン形成性（印刷性，フォート形成性） 耐アルカリ性，低めっき液汚染性
プロセス	基材，接着剤技術	触媒分散性，接着剤塗布，化学粗化
	穴 あ け 技 術	微細パンチ穴あけ，微細ドリル穴あけ
	レ ジ ス ト 技 術	微細パターン印刷形成 微細パターンフォート形成
	めっき運転技術	めっきライン，コントローラ自動制御運転
その他	設 計	SMT（表面搭載技術）や多層化への対応
	検 査	自動導通テストなど出荷検査，信頼性保証

やすく長寿命であること、めっき銅箔が従来のピロリン酸電気めっき銅に近い機械的性質を持つこと、などが要求される。図5は、熱処理温度と銅箔の伸びの関係を示すが、信頼性が高いといわれているピロリン酸銅めっき箔の特徴は、熱処理後の伸び特性が極めて高いことであり（260℃60分処理後の伸び率は約25%）、このような熱処理後の高伸び特性を示す無電解銅めっき箔は、めっき直後の状態で高伸び特性を示すものである⁶⁾。表3、4に当社の例を示した。

3. 各種配線板

スクリーン印刷法や写真法による一般的な両面配線板については、すでに各所で述べられているので、ここでは、アディティブ法を中心とした最近の応用例を示す。

(1) 小径バイアホール／ブラインドホール付配線板

配線の有効面積を拡張し高密度配線を得る方策として、部品穴以外の経由穴（バイアホール）を小径化した配線板である。先に図3に示したように、無電解銅めっきによれば、スルーホールめっきつきまわり性は小径穴でも100%なので、高いスルーホール接続信頼性を得ることができる。こ

図4 積み上げ法によるアディティブ法多層配線板

図5 熱処理温度と銅膜の伸び率の関係

組 成 な ど	CC41めっき液	従来のめっき液
CuSO ₄ ・5H ₂ O	8 g/L	7 g/L
EDTA・2Na	60 / L	40 g/L
HCHV (37%)	3 mL/L	2 mL/L
pH	12.1 ~ 12.4	11.6 ~ 11.9
添加剤 A	1 g/L	—
添加剤 B	20 mg/L	—
添加剤 C	1 mg/L	—
CN添加剤	—	20 mg/L
空気かくはん	連続的	間欠的
めっき液温度	70℃	70℃
めっき速度	2.0 ~ 3.0 μm/h	1.0 μm/h

表3 CC41無電解銅めっき液の組成とめっき条件

表 4 各種めっき銅箔の性能比較

銅はくの種類 物性項目	ピロリン酸電気 めっき銅はく	硫酸銅電気 めっき銅はく	無電解めっき銅はく	
			CC41めっき液	従来のめっき液
抗張力(kg/mm ²)	50~60	25~30	30~35	30~35
破断伸び率(%)	3~6	6~12	7~12	3~6
MIT耐折数 ^{**} (回)	1,500~2,100	1,500~2,000	800~1,500	300~800
固有抵抗($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	18	194	178~182	178~182
スルーホールつき	70	70	100	100
まわり性 ^{***} (%)				

注：＊ 当社例
** MIT耐折強さ試験機（JIS P8111）折曲角士135°，折曲速度175回/minMIT（Massachusetts Institute of Technology：米国マサチューセッツ工科大学）方式の「MIT耐折強さ試験機」で測定した折り曲げ回数であり，折り曲げ疲労強さを示す。
*** 板厚1.6mm，孔径0.8mmのスルーホールでの測定値

図 6 小径バイアホール付配線板とブラインドスルーホール付配線板

のため，0.2～0.3mm径の小径バイアホールを2.54mmの基準格子以外の場所に設けて活用することができるようになった。この結果，バイアホールネック（経路穴を形成したために配線を通す場所が不足すること）を解消できるようになった。図6は，従来の全格子に穴あけした3ライン/2.54mmの6層配線板（図6(a)）が，0.2mm径の小径バイアスルーホール付きの2ライン/2.54mmの4層配線板で置き換えられた例（図6(b)），及び0.2mmのブラインドホールの活用により従来の10～12層の多層配線板が6層配線板で置き換えられた例（図6(c)）を示す。

このように，小径バイアホールやブラインドホール付き多層板は，多層板の層数の低下とこれによる配線板の低コスト化に大きな効果があるので，今後大いに展開していくものと期待されている。

(2) 積み上げ法アディティブ法多層配線板

図5からわかるように，フルアディティブ法配線板の表面は平滑である。このため，従来の多層配線板のコストアップの主要因であるピンラミネートプレス多層化方式によらず，印刷法で絶縁層（30～200μm）を形成し多層化することが可能である。特性インピーダンスを規定する必要がない場合には，層間絶縁層厚さを30μm程度にうすく

することもでき、薄型多層板をつくることが可能である。写真4にその一例を示した。

(3) 高多層配線板

写真5にアディティブ法の特長を生かした高多層配線板の例を示した⁷⁾。このような高多層配線板では、加工工程の加熱冷却時に寸法変化が少なく、ドリル穴あけ時のスミア発生（ドリル穴あけ時摩擦による発熱で基材樹脂が溶融分解し、穴壁に露出した内層回路表面に付着し接続不良を引起こす現象）の少ない基材、すなわち、耐熱性材料を使用することが不可欠である。このため、 T_g （ガラス転移点 $\equiv$ 熱変形温度）が従来のエポキシ樹脂より約80℃以上高いポリイミド樹脂の使用が普及しつつある。特性の例を表5に示した。高価な材料（エポキシ樹脂の約2～4倍）であるので一般多層板への適用は遅れているが、上記(1)で述べた高密度配線板の発展の過程で必須の材料である。今後の性能及びコストの改良が望まれるところである。

(4) エンジニアリングプラスチックの利用

耐熱性の熱可塑性樹脂成型加工品に、アディティブ法で直接銅回路を形成する事が提案されている。使用可能な熱可塑性樹脂としては、ポリサルファン（UCC社、Udel），ポリエーテルサルフォン（ICI社、Victrex），ポリエーテルイミド（GE社、Ultem）などがある⁸⁾。3次元的な成型加工や多数の穴の同時成型に従来の技術を利用することが可能であり、この点では量産性に優れた材料とい

写真4 積み上げ法によるアディティブ法多層配線板

写真5 アディティブ法による高アスペクト比（板厚／穴径）多層板スルーホールめっき

うことができる。

また、表6に示すように、この種の材料は誘電率が低いので、マイクロウェーブやデジタル機器用GHz帯の高周波回路用に有効である。

しかしながら、先に写真3に示したような密着力確保のための粗面化技術（材料及びプロセス技術）がまだ成熟していないという難点があり、導体配線のピール強度は、従来の配線板の $\frac{1}{2}$ 程度にとどまっている。

また、立体成型品の必要な部分にのみ選択的にめっきを行うためのレジスト形成が難しく、フォトリソ法のようなレジストなしで光化学的に配線を形成する方法⁹⁾も微細配線には、まだ難点がある。

したがって、前記の利点を生かすために、材料とプロセスの双方からの精力的な技術開発が望まれる。また、立体配線された物には、従来の平面的な配線板にない機能、例えば、メカトロニクス部品としての機能を期待することができる。したがって、機器設計とタイアップした用途開発が期待される（前節を参照）。

4. あとがき

プラスチックへのめっきの応用製品としてプリント配線板をとりあげ、その概要をアディティブ法を中心に述べた。本文中に述べたように、プリ

ント配線板は、エレクトロニクスの発展を支える重要構成部品として、今後ますますその重要性を増していくと考えられる。耐熱性のエンジニアリングプラスチックのこの分野への適用は、まだ始まったばかりである。これらの材料をふくむ関連技術とプロセス技術の発展が今後とも期待される。

参考文献

1) 日本プリント回路工業会；「プリント配線板工業の現状」，（昭和61年6月）

2) 和嶋，他；電子技術，26（7），184(昭和59-7)

3) 岡村，他；電子技術，1986-6別冊，157(昭和61-6)

4) 大竹，他；電子技術，27（7），55(昭和60-6)

5) D.P.Seraphin,et.al.；IBM Res. & Develop., 26（1），37(1982)

6) 中祖，他；Proc. IPC World Convention（Ⅲ），WCⅢ-10(1984)

7) 塚西，他；日立評論，63（4），239(1981)

8) D. フリッシュ，日経エレクトロニクス，177（4，25，1984）

表 5 ポリイミド多層配線板の特性

項 目		単 位	処理条件	ポリイミド多層板 (MCL-I-67,GIA-67N)	エポキシ多層板 (MCL-E-67,GEA-67N)
ガラス転移点		℃	A	210-210	120-130
寸法変化のばらつき	縦	％	※1	0.0014	0.024
	横			0.019	0.033
スミア発生率		％	※2	0-2	25-30
はんだ耐熱性		秒	A	>60 at 300℃	>60 at 260℃
ひきはがし強さ	外層	kgf/cm	A S4	1.5-1.6 1.5-1.6	1.8-2.0 1.8-2.0
	内層		A	0.9-1.6	1.6-1.8
絶縁抵抗		Ω	A D2/100	1.0-2.5 x 10 ¹⁴ 2.0-3.0 x 10 ¹³	1.0-2.5 x 10 ¹⁴ 1.5-2.0 x 10 ¹³

A：受理状態。S4：260℃のはんだ浴に20秒間浮かべる。D2/100：100℃の煮沸水に2時間浸せさす。

※1：基板サイズ；500mm×500mm，50層

※2：ドリル回転数；48,000rpm，送り速度；3,000mm/min，重ね枚数；2枚，6,000ヒット後のスミア発生率

表 6 プリント配線板材料の特性比較

材 料 名	Tg	誘 電 率		3次元成型加工
		1MHz	10GHz	
エポキシ樹脂-ガラス	125℃	5.0	—	不可
テフロン樹脂-ガラス	—	2.5	2.4	可
ポリサルフォン (UCC:Udel)	210℃	3.0	3.0	可
ポリエーテルサルフォン (ICI:Vitrex)	215℃	3.5	3.4	可
ポリエーテルイミド (GE:Ultem)	215℃	3.1	3.4	可