

高精細高密度プリント配線板

電子電装開発センター 野 神 敦 樹¹・小 林 一 治²
環境エネルギー研究所 篠 田 辰 規³

Fine-pitch and High-density Printed Circuit Board

A. Nogami, K. Kobayashi, and T. Shinoda

近年、電子機器や搭載部品の軽量小型薄型化、ICの多ピン化にともないプリント配線板に対する高密度化要求が高まっている。そこで当社では微細配線形成技術、および高い平坦性を有するめっき充填された微小スルーホール形成技術を確立し、高精細高密度プリント配線板“ μ スルーホール両面FPC”を開発した。今回この μ スルーホール両面FPCの特徴と技術開発について報告する

Recently, with electronic equipments and mounted components getting smaller, thinner and having high pin count, the requirement for high-density printed circuit board has increased. We have developed a fine printed circuit board “ μ Through-Hole Double Side FPC” to establish technology to form fine circuit and achieve high flatness and fine through-hole filling. Now, we report the contents that feature the technology of development of μ Through-Hole Double Side FPC.

1. ま え が き

近年、電子機器の軽量小型薄型化にともない、薄型で実装密度の高い配線を有するプリント配線板が要求されている。日本実装技術ロードマップによると実装用プリント配線板の設計ルールは図1に示すように高精細化高密度化が進むと予測されている¹。この要求にこたえるため、高精細化および高密度化に対しては配線回路の

狭ピッチ化に加えて層間の接続密度を高める必要があり、ビアやスルーホールの狭ピッチ化が必要となる。一方の薄型化に関しては、薄い絶縁基材と薄い回路導体を組み合わせる必要があり、フレキシブルプリント配線板技術が適用可能となる。当社ではこのような薄型の高精細高密度プリント配線板を実現するため、マイクロスルーホール構造を有するフレキシブルプリント配線板(以降、 μ スルーホールFPCと記す)の開発を行った。

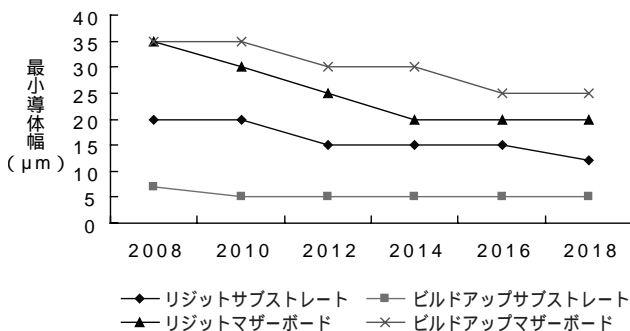


図1 各種プリント配線板最小導体幅のトレンド
Fig. 1. Trends of minimum width of several printed wiring boards.

2. 構造と製造方法及びその特徴

開発した μ スルーホールFPCの構造を図2に示す

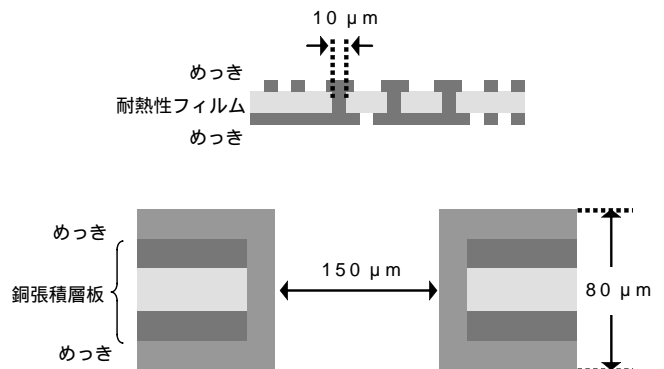


図2 μ スルーホールFPCと現行FPCの比較
Fig. 2. Comparison between μ Through-Hole FPC and conventional Through-Hole FPC.

1 基盤技術開発部
2 基盤技術開発部部長
3 ケーブル技術研究部

省略語・専門用語リスト

省略語・専門用語	説 明
セミアディティブ法	シード層を有する基材を用いて必要な部分に電解めっきで回路を形成する方法 回路を形成した後に不要なシード層をエッチングする必要がある
シード層	セミアディティブ法における電解めっき工程に必要な導電層
サブトラクティブ法	銅張積層板から不要な銅箔をエッチング処理することで回路を形成する方法

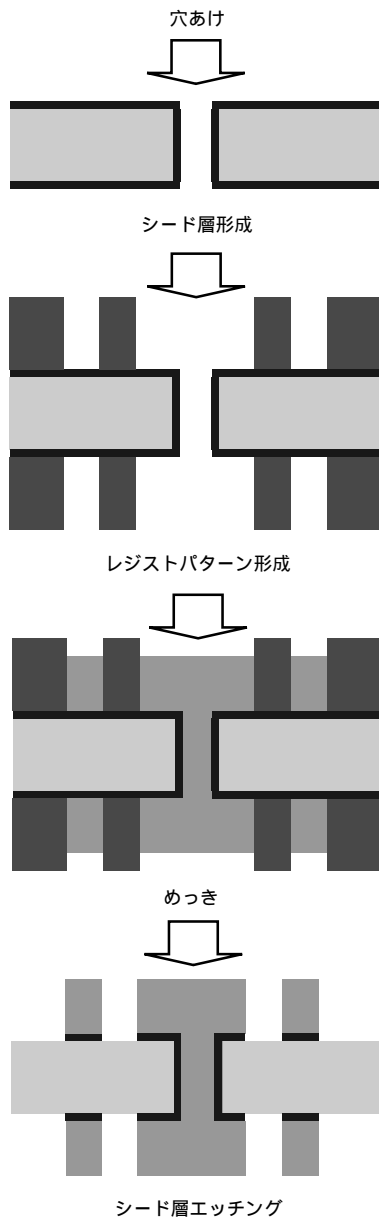


図 3 μスルーホール FPC のプロセスフロー
Fig. 3. Process flow of μ through-hole FPC

この配線板の基本構造はスルーホール接続を有する両面フレキシブルプリント配線板で、基材には厚さ 12.5 μm ~ 25 μm の耐熱性フィルムを用いた。従来 FPC のスルーホール穴径は直径が 100 μm ~ 150 μm なのに対し、μスルーホール FPC が有するスルーホールの穴径は直径

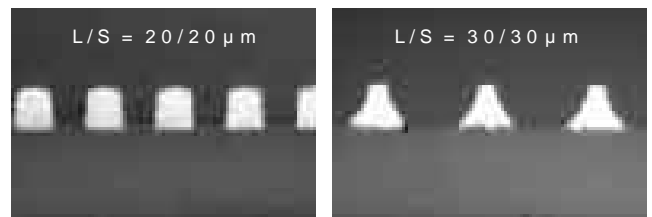


図 4 セミアディティブ法で形成した回路導体（左）とサブトラクティブ法で形成した回路導体（右）
Fig. 4. Circuit shape of semi-additive method (left) and subtractive method (right).

10 μm 以下と小さく、その微小スルーホールの内部をめっきで充填した構造を有している。また、スルーホールの表面の平坦性を高く保つことで、部品や IC を実装することが可能である

図 3 に μスルーホール FPC の回路形成工程を示す回路形成法はセミアディティブ法を用いた。最初にポリイミドフィルムのような耐熱性フィルムに微小なスルーホールを形成し、次にフィルム表面およびスルーホール内部に導電層（シード層）を形成した。次にめっきレジストを形成し、電解めっきによって導体回路とスルーホール内部のめっきを同時に形成した。めっきレジストを剥離除去した後、エッチング処理でシード層を除去し回路パターンを形成した。回路パターンを形成した後適宜、表面処理やソルダレジストを形成し、部品や IC 実装に供される

スルーホール FPC の回路形成に用いたセミアディティブ法は銅張積層板をエッチング処理するサブトラクティブ法に比べて微細な導体回路を形成できる特徴があり、図 4 に示すようなファインピッチ導体回路が形成できる^{2),3)}。また、セミアディティブ法は導体回路の形成とスルーホールめっきを同時に形成することができる

今回開発した μスルーホール FPC は回路形成およびスルーホールめっきを同時形成する際にスルーホール内部をめっきで充填したもので、めっき充填されたスルーホール表面は高い平坦性を有することが特徴である。そこで今回、めっきの充填性と表面の平坦性の 2 点を主たる課題とし開発を進めた

3. 微小スルーホールをめっき充填性

通常のスルーホール両面 FPC はスルーホールの壁面に一定厚さのめっきを形成したもので、スルーホールの中央は空洞となっている。μスルーホール FPC の特徴であるめっき充填を実現させるためには、スルーホール径をある程度微小化することが必要と考えた。しかしながら、単純に穴径を小さくしただけではめっきが充填せず、図5に示すようにスルーホールめっきの中央部分に気泡(ポイド)が発生した。ポイドはスルーホールの信頼性を低下させる原因となるため、ポイドを形成しないめっき充填方法を開発する必要がある。そこでわれわれはポイド発生機構を解析し、ポイドが発生しないスルーホール充填めっき法を開発した

通常の電解めっき法でスルーホールをめっきする場合、スルーホール上下におけるエッジ部分の電流密度が局所的に増加する。このためスルーホール部にめっきが成長する過程において、めっき成長速度がスルーホール中央部分に比べて速くなり、スルーホール上下の部分で先にめっきが繋がってしまい、それにより、スルーホール内部のめっきは成長が止まってしまう(図6左)。スルーホール全体をポイドの生成なくめっきで充填するにはスルーホール中央部分のめっき成長速度をスルーホール上下部分のめっき成長速度より速くすることが必要となる(図6右)。通常の硫酸銅めっき浴は硫酸、硫酸銅塩素、そして種々の添加剤で構成されている。このうち添加剤は光沢剤、界面活性剤、レベラーの3種類で構成されており、これらはめっきの成長速度や皮膜の物性に大きく影響する。先に述べたように、スルーホール内壁にめっきを一樣に形成し、ポイドを発生させずにめっきでスルーホールを充填させるためには、スルーホール内部のめっき成長速度を相対的に早くする必要があり、添加剤中の光沢剤、抑制剤、レベラーのバランス調整をすることで対応できると考えた

図7は硫酸銅めっき浴に使用されている添加剤 A と添加剤の調整を施した添加剤 B とでスルーホールめっき充填性の違いを調べた結果である。添加剤 A を使用した場合ポイドが発生しているのに対し(図7左)、添加剤 B を使用した場合はポイドの発生は無く、スルーホールをめっきで完全に充填することができた(図7右)。この結果から、スルーホールをめっきで充填させるには通常の添加剤では不十分であり、添加剤の調整が必要であることがわかった

4. 充填めっき平坦性

スルーホール表面の平坦性を高めることでこの部分に部品や IC を実装することができ、プリント配線板の実装密度を高くすることができる。そこで当社ではスルーホール表面の高い平坦性を実現させるため、先ずスルーホール充填めっきの過程でスルーホール表面の平坦性の

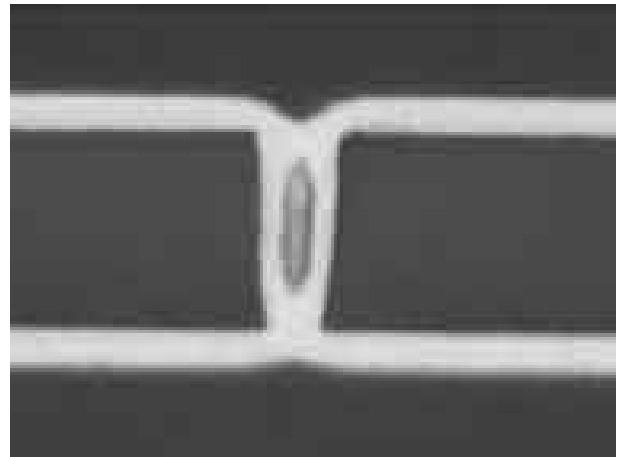


図5 スルーホール内部に発生したポイド
Fig. 5. Void inner through-hole.

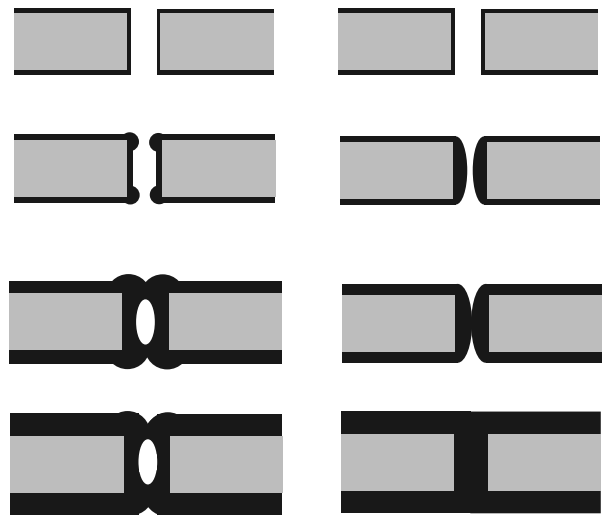


図6 従来めっき浴(左)と充填めっき浴(右)の充填機構
Fig. 6. Filling mechanism of conventional plating (left) and filling plating (right).

膜厚	添加剤 A	添加剤 B
3 μm		
5 μm		
8 μm		

図7 添加剤 A と添加剤 B の断面写真
Fig. 7. Cross-sectional view of addition A (left) and addition B (right).

表 1 スルーホール直上の表面観察像と形状測定結果
Table 1. Surface image and depth profile above Through-Hole.

めっき厚	1 μm	2 μm	3 μm	4 μm
表面写真				
形状測定				
めっき厚	5 μm	6 μm	7 μm	8 μm
表面写真				
形状測定				

表 2 添加剤 B のみと添加剤 B と添加剤 C の表面観察像と形状測定結果

Table 2. Surface image and depth profile above Through-Hole by using addition B (left) and using addition B and addition C (right).

めっき厚	6 μm	6 μm
表面写真		
形状測定		
	添加剤Bのみ	添加剤B+添加剤C

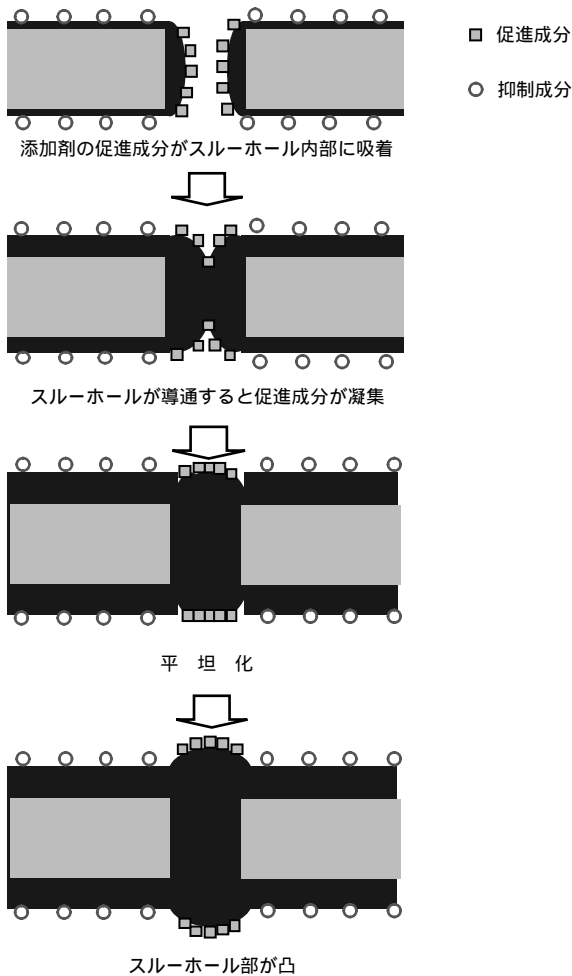


図 8 充填めっきの充填機構と平坦化機構

Fig. 8. Mechanism of filling and surface flatness of copper filling plating.

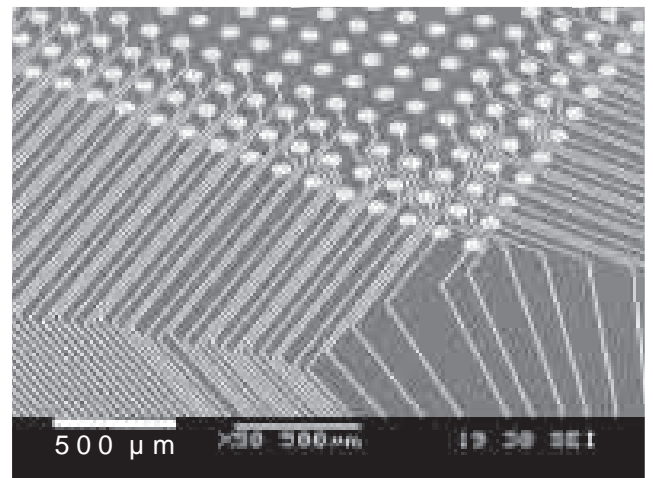


図 9 μスルーホール FPC の適用例

Fig. 9. Example of the application of μ through-hole FPC.

変化を調査した．表 1 にめっき厚を 1 ~ 8 μm まで変化させたときのスルーホールの表面観察結果と三次元形状測定装置によるスルーホール直上の表面形状測定結果（高さプロファイル測定結果）を示す．三次元形状測定の結果は，表示が黄から赤に近くなるほど周りより高くなっていることを表し，青から紫に近くなるほど周りより低くなっていることを表す．めっき厚さ 2 μm からスルーホール中央部でめっきが急激に成長しており，めっき厚さ 4 μm 以上で中央部が周囲より高くなっているのがわかる．また，今回の条件で形成したスルーホールでは，めっき厚さ 5 μm 以下においてはスルーホール外周部の凹が大きくなり，めっき厚さ 7 μm 以上ではスルーホール中央部の凸が大きくなり，めっき厚さ 6 μm が表面を基準にした凹凸が最も小さくなっていることがわかった．前述の通りめっき成長はカソード上の電流密度に大きく影響を受けるが，充填めっきの進行には添加剤の凝集状態が大きく影響している，つまり，スルーホール部にある添加剤の促進成分がめっき成長する過程でスルーホール中心部に凝集するため中心部のめっき成長が

早くなっていると考えられる(図8)

さらに平坦性を向上させる方法として、めっき添加剤の組成の異なるめっき浴を別に準備しておき、スルーホール充填めっき工程の途中でめっき浴を変更させる方法を試みた。めっき添加剤としては平坦性を向上できるめっき添加剤(C)を用いた。めっき平坦性の評価結果を表2に示す。これによると、適当なタイミングで添加剤の異なるめっき浴に変更してスルーホール充填めっきを行うことで、スルーホール表面の平坦性を高くすることができた

5. 試作例

図9は μ スルーホールFPCと当社が開発した一括積層ポリイミドIVH配線板(APIC)とを組み合わせたものである。このように μ スルーホールFPCは薄型ICパッケージ用基板として使用することができる

6. むすび

めっき条件を適正化させることで微小スルーホールへ信頼性の高いめっき充填を行うことができた。形成された充填めっきスルーホール部は高い平坦性を有しており、部品やICの実装が可能となる。今後益々進展する部品の小型化や高機能ICの微細化・多ピン化に対応できると考えられる

参考文献

- 1) 電子情報技術産業協会：「2009年版プリント配線板技術ロードマップ」
- 2) 佐々木ほか：「微細両面FPC」,フジクラ技報,第107号 pp.48-51,2004
- 3) 池田ほか：「微細回路形成技術」,フジクラ技報,第115号 pp.38-41,2008