

微細回路形成技術

電子電装開発センター 池田真拳¹・中谷祐介¹・関善仁²・岩崎庄治²

Techniques of Fine Circuit Fabrication

M. Ikeda, Y. Nakatani, Y. Seki, and S. Iwasaki

フレキシブルプリント配線板（FPC）は、電子機器の薄型・軽量・小型・高機能化にともない、パターンの微細化が進んでいる。FPCの回路形成方法は、銅箔をエッチングして回路を形成するサブトラクティブ法と、電解銅めっきで回路を形成するセミアディティブ法がある。本稿では従来の回路形成技術であるサブトラクティブ法と新規のセミアディティブ法における、微細回路形成技術の技術動向と今後の方向性について述べる。

The paper asserts the point of a strong demand for finer pitch circuit traces in flexible printed circuits (FPC) used in the advanced electronic appliances as well as the methods used. Two methods of making circuit traces in FPC fabrication, the subtractive method and the semi-additive method have been discussed in detail. In the subtractive method the circuit traces are made by etching copper foil. On the contrary, they are made by electrolysis copper plating in the semi-additive method. The report brings to light the overview and the technical trend of these two methods in a comprehensive manner.

1. ま え が き

フレキシブルプリント配線板（Flexible Printed Circuit, 以下FPCと記す）は、薄くて折り曲げが可能なことから、電子機器の様々な部分に用いられている。また、電子機器の小型・高機能化にともない、回路は高密度・微細化している。従来の回路形成技術であるサブトラクティブ法は、銅張積層板（Copper Clad Laminated, 以下CCLと記す）の銅を薬液でエッチングして回路を形成する。一方、セミアディティブ法は薄い導電層を有する絶縁基材に電解銅めっきで回路を形成する。

FPCの配線ピッチのロードマップを図1に示す。今後も回路の微細化は進むと予想され、新たな技術の開発が必要である。そこで、サブトラクティブ法とセミアディティブ法で、微細回路形成技術の新規技術と比較し、今後の方向性について検討した。

2. サブトラクティブ法

2.1 微細回路向け新規エッチング薬液

サブトラクティブ法におけるエッチングの進行過程を

図2に示す。回路の断面は一般的に台形状となる。これは、エッチング反応が拡散律速で等方的進行をすることに起因する。回路の矩形性を示す指標としてエッチングファクタ（Etching Factor, 以下E.F.と記す）があるが、E.F.を向上するために、オーバエッチング（Over Etching, 以下O.E.と記す）量を多くする手法が用いられる。O.E.量は図2に示すとおり、目標の回路幅に対してレジスト幅を大きくした場合の差分のことである。O.E.量を大きくすることで、回路側面へのエッチング液のあたりがレジスト開口部に比べて弱くなる。つまり、拡散速度が開口部に比べて遅くなるため、エッチ

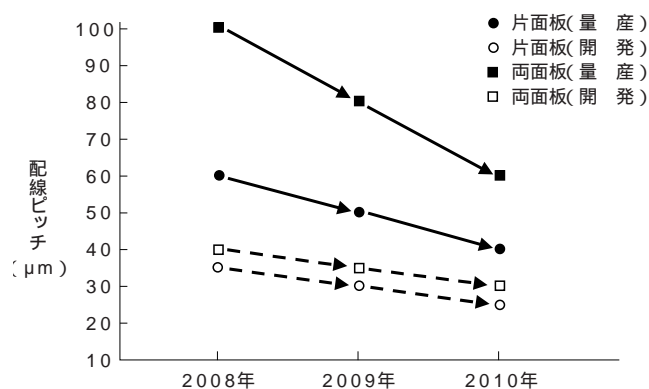


図1 配線ピッチのロードマップ
Fig. 1. Roadmap of circuit pitch.

1 回路技術開発部

2 回路技術開発部グループ長

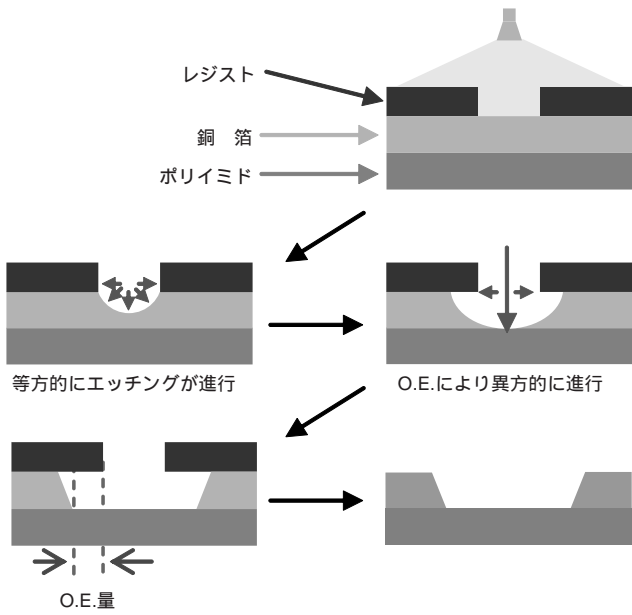


図2 エッチングの進行過程

Fig. 2. Etching process of conventional subtractive method.

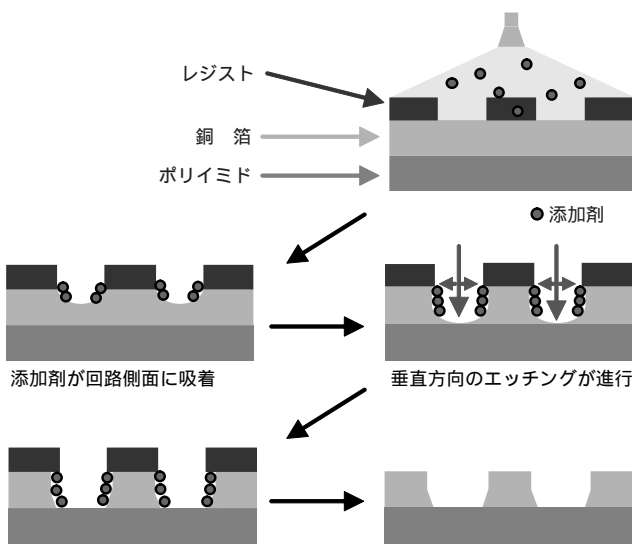


図3 添加剤の効果

Fig. 3. Effect of addition.

ングに異方性が生じ、E.F.が向上する。しかし、回路の微細化が進むとレジストスペースも狭くなるため、O.E.量を多くすることができず、E.F.が低下するという問題があった。

そこで、O.E.量が少なくても異方的にエッチングが進む微細回路用の新規薬液の調査・検討を行った。

新規薬液は濃度を薄くすること、添加剤を追加することで異方的なエッチングを可能とした。濃度を薄くすれば拡散速度が低下し、O.E.による異方性の効果を大きくすることができる。添加剤の効果は図3に示す。

銅箔厚 12 μm の CCL を用いて、ピッチ 30 μm、ライン/スペース (以下 L/S と記す) = 15/15 μm の回路を新規薬液と従来薬液でそれぞれ作製した。なお、O.E.

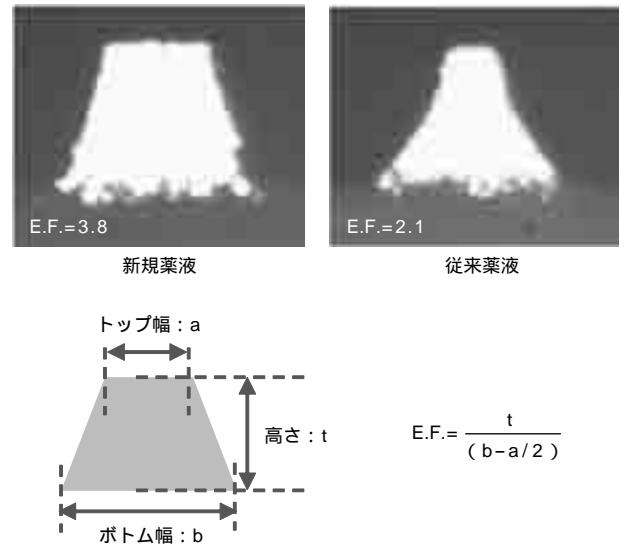


図4 回路断面

Fig. 4. Cross section of circuit.

	銅箔種1	銅箔種2	銅箔種3
SEM像			
FIB-SIM像			
結晶粒径	小		大

図5 回路のSEM像と断面のFIB-SIM像

Fig. 5. SEM image and FIB-SIM cross-section image of circuits.

量は 5 μm とした。断面写真を図4に示す。

E.F.は従来エッチング液では2.1であったのに対し、新規エッチング液では3.8と向上していることを確認した。E.F.が向上することで、回路のトップ幅を維持することができ、配線にICなどの部品を実装する場合には接続信頼性の向上に繋がる。また、導体断面積が向上し低電力化、放熱特性の向上が期待される。

2.2 適用材料

3種類の銅箔に対して新規薬液を用いて作製したピッチ 30 μm の回路 SEM 像と断面の FIB-SIM 像を図5に示す。

SEM 写真の比較から、回路エッジに凹凸が生じるサンプルが見られ、銅箔種類により回路品質に差があることがわかった。また、FIB-SIM による回路断面の詳細な観察から、銅箔の結晶粒径が大きくなるにつれ、凹凸も大きくなっていく傾向があることがわかった。つまり新規薬液は、粒界を優先的にエッチングするのではないかと推測され、材料の選択性が高い薬液と言える。なお、従来薬液ではいずれの銅箔種においても凹凸は見受

けられない。以上の結果から、新規薬液を用いた微細回路形成には、銅箔の結晶粒径が小さいCCLが適していることがわかった。

3. セミアディティブ法

3.1 概要

セミアディティブ法はシード層と呼ばれる薄い導電層を有する絶縁基材に、めっきレジストを形成して電解銅めっきでレジスト間に回路を形成する。回路形成後はレジストを除去し、回路間のシード層をエッチングすることで線間絶縁を得る(図6)。

セミアディティブ法の特長として、サブトラクティブ法では層間導通のめっき後に回路形成を行う必要があるが、セミアディティブ法では回路形成と層間導通が同時に行えるため、両面板の作製が容易であることがあげられる(図6)。また、サブトラクティブ法に比べて回路が矩形で微細化も容易である(図7)。

3.2 材料・薬液

出発材には主にメタライズCCLが用いられる。メタライズCCLとはスパッタや蒸着といった真空製膜プロセスによって、ポリイミドなどの絶縁フィルム上にシード層を形成したものである。シード層の表面は導電率や電解銅めっきとの相性から銅が用いられるが、絶縁フィルムとの密着を維持するために、銅層と絶縁フィルム間に別の金属層が形成されることが多い。

レジストは回路高さ以上の厚さが必要なため、厚膜化

が容易なドライフィルムレジストが用いられる。高解像度や高密度、耐薬品性が求められるのはサブトラクティブ法と同様であるが、剥離工程で回路間にレジストが挟まらないよう膨潤作用が大き過ぎないことが異なる点としてあげられる。

先に述べたように、回路間のシード層は最後にエッチングされる。これらのシード層用エッチング液は銅回路のエッチングが少なく、シード層のみを選択的にエッチングできる薬液が望ましい。また、パターンの粗密によるエッチングの違いが少ないことや、銅回路下のシード層のエッチングが少ないことも重要である。

3.3 工程

メタライズCCLは非常に薄くシート状態ではハンドリングが難しいため、工程はロール・トゥ・ロール(Roll to Roll, 以下R-Rと記す)で行われることが多い。R-Rで搬送する際も基材の折れ・皺の発生や寸法変化を抑えるために、送り出しの方法や巻取りの張力に十分配慮しなければならない。

両面基板における層間導通工程はシード層の銅が非常に薄いため、基材の片側の銅層と絶縁層に穴をあけるレーザビアホールではなく、貫通のスルーホール(Through Hole, 以下THと記す)を採用せざるをえない。先に述べたように基材が薄く寸法変化が大きいため、変化量を測長して補正を加えてランドとの位置ずれを少なくする。

また、めっきでは基材の端部やパターンの粗部に電流が集中して回路が厚くなるため、回路高さを均一にするには装置やパターンの設計に工夫が必要である。

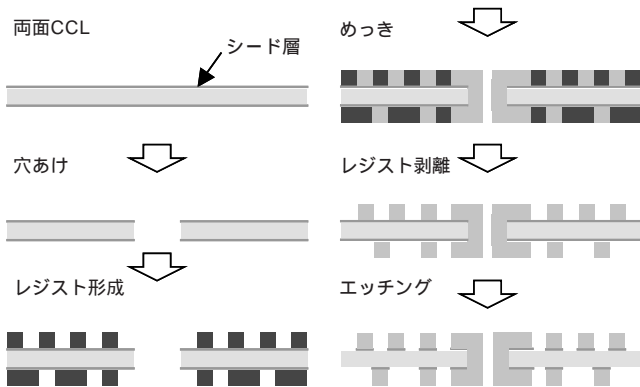


図6 セミアディティブ工程
Fig. 6. Process of semi-additive method.

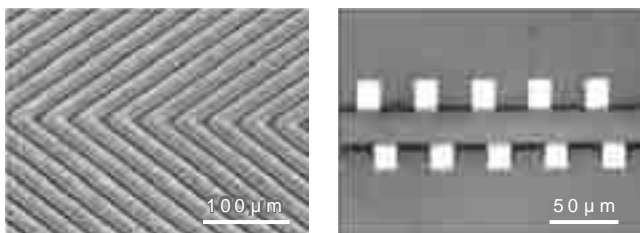


図7 セミアディティブ法で形成した回路
Fig. 7. Circuits made with semi-additive method.

4. 試作品

サブトラクティブ法による最小ピッチ 35 μm (L/S=15/20 μm) の片面構造 FPC の試作を行った。この試作品は、液晶ディスプレイ駆動用の半導体の評価基板として使用され、フリップチップ実装後の接続信頼性に問題無いことを確認している。なお、CCLは5 μm 銅箔厚のものを用いた。試作品の外観を図8に示す。

セミアディティブ法においては、両面構造の最小ピッチ 40 μm (L/S=20/20 μm) の FPC の試作を行った。層間導通には 100 μm の TH、回路高さはセミアディティブの特長を活かして 18 μm と非常に高くした。デ

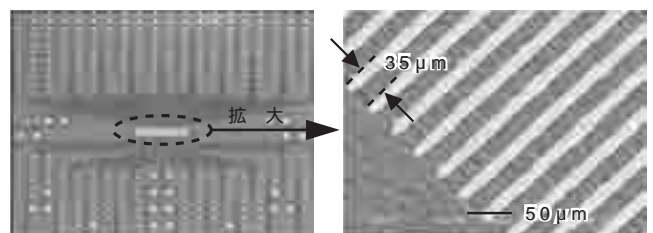


図8 サブトラクティブ法による試作品
Fig. 8. Trial product with subtractive method.

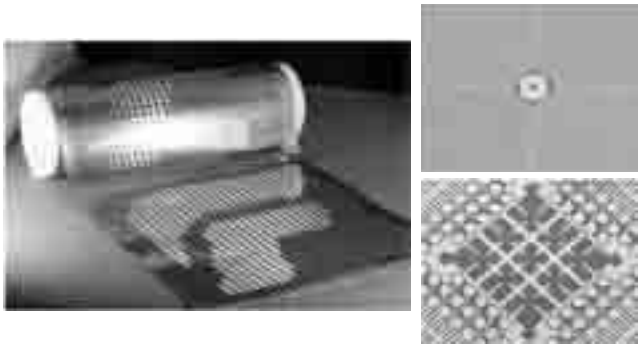


図9 セミアディティブ法による試作品
Fig. 9. Trial product with semi-additive method.

ザインはコイルパターンやインターポーザ用途を想定している。試作品の写真を図9に示す。

5.むすび

微細回路形成についてサブトラクティブ法とセミアディティブ法での開発を行った。サブトラクティブ法では新規エッチング液の調査，導入を行い，微細回路におけるE.F.を向上することができた。セミアディティブ法では本工法に適した各種材料の開発を行い，製造方法を検討した。また，両工法を用いて微細回路基板の試作を行い，仕様にあった製品が製造できることを確認した。

今後のFPC微細回路形成技術は，さらに狭回路ピッチに進むと予想される。特に，携帯電子機器向けに需要が高い両面板においては，回路形成と層間導通が同時に行える特長から，セミアディティブ法にシフトしていくと考えられる。