

FPCの高密度化技術

電子部品開発センター 岩村 昌浩¹・関 善仁²・小林 一治³

High-Density FPC Technology

M. Iwamura, Y. Seki, and K. Kobayashi

移動体通信端末機に代表されるように、近年、電子機器の小型化、高機能化が急速に進行している。これにともないフレキシブルプリント配線板（Flexible Printed Circuit, FPC）も、従来の内部配線としての役割から、部品実装を含んだ製品機能の一端をになうものへと変化し、さらに高密度化が要求されてきた。本報ではFPCの高密度化技術について報告する。

Electronic equipment, typified by cellular phones, is migrating toward a decrease in size and an increase in functionality in recent times. As the role of flexible printed circuits (FPC) has been changing from merely a wiring part in equipment to a high-density functioning part with surface-mounted devices, demand for ever-denser FPCs has become stronger. The report covers our high-density FPC technology.

1. ま え が き

フレキシブルプリント配線板（Flexible Printed Circuit, 以下「FPC」とする）はポリイミドフィルム等、柔軟性のある絶縁基材上に薄い銅箔を貼りあわせたものを出発材とし、それに回路形成を行い、さらに絶縁層を付与して作られる。その柔軟性をいかし、古くから電子機器等の内部で折り曲げ配線を行う目的で使用されてきた。しかし、近年の電子機器の小型化・高機能化にともない、FPCには高密度化の要求のみならず、様々な部品を実装する要求が増えている。当社ではこれらの要求にこたえるため、各要素技術において高密度化の取り組みを進めている。

2. FPCの製造方法

図1にFPC製造方法の一例を示す。両面FPCの場合、前項で述べた出発材に層間導通のための穴を形成し、銅めっきを用いてその穴の層間導通を取り、回路形成により所望の回路を作る。続いて、電気的接触が必要無い部分に絶縁層を形成し、最後にはんだ付け等の方法により部品を実装し、FPCが完成する。以下の項では、高密度化において重要となる「層間導通穴形成」「回路形成」「絶縁層形成」および「部品実装」の各要素技術について述べる。

3. 層間導通穴形成

現在、層間導通穴の形成はドリルを用いた機械加工が主流である。近年の高密度化の要求により穴径は次第に小さくなっているが、ドリルを用いた穴加工では小径化にともない、ドリル折損頻度の増大、穴バリ等の発生による穴品質の低下、ドリルのブレによる位置精度の低下などの問題が発生しやすくなる。これらの問題点と、量産時のコスト等をふまえると、FPCに対するドリル加工穴の小径化は概ねφ 0.1 mm程度が限界と考えられる。

これに対してレーザを用いた穴加工方法がある。FPCに対して適切な径のレーザを照射し、熱加工とアブレー

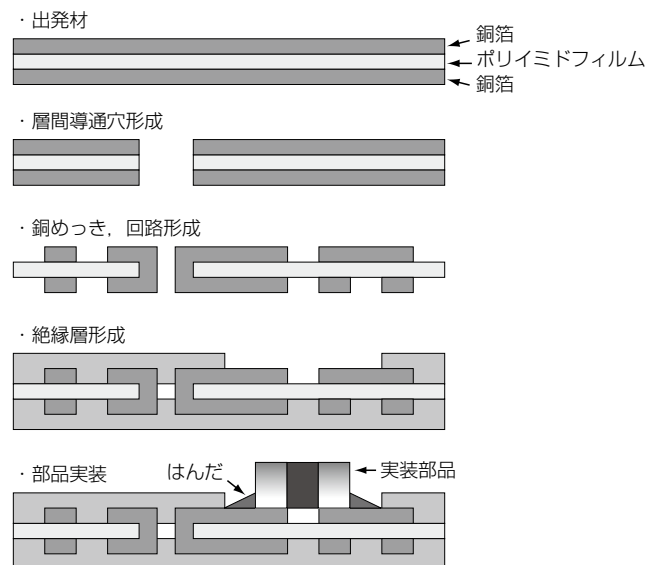


図1 FPC製造方法の一例
Fig. 1. Example of FPC Process Flow.

1 回路技術開発部グループ長
2 回路技術開発部主席研究員
3 回路技術開発部次長

略語・専門用語リスト		説明
略語・専門用語	正式表記	
ポリイミド	Polyimide	主鎖中にイミド結合を2つ以上もつ合成高分子化合物
アブレーション	Ablation	レーザー光を吸収した箇所が瞬時に熔融、蒸発、飛散することで除去される現象
フォトリソ法	Photolithography	対象物の表面に感光性の物質を形成し、写真法によりパターンを焼き付ける工法
熱硬化接着材	Thermosetting adhesives	高温にさらされると化学変化を起こし、比較的溶融しにくい、あるいは架橋した状態になり、その後加熱しても軟化や再成形ができなくなる樹脂
メタルマスク	Metal mask	配線板にクリーム半田を印刷する際に使用する印刷版
リフロー	Reflow soldering	面と面の間にはんだを介在させて接触し、加熱してはんだを熔融し、次いで接合状態を保ったまま冷却させる接合方法
クリームはんだ	Solder cream	はんだめれを促進し、粘度、タック性、だれ性、乾燥速度などをコントロールする添加剤を加えて、ペースト状フラックスにはんだの微粒子を分散させたもの（ソルダーペースト）

ション加工を併用しながら層間導通穴を形成するものである。この方法では ϕ 0.03 mm程度の穴径まで対応可能となる（図 2）。また、非貫通の導通穴も形成できるため図 3 に示すように層間導通穴部を部品実装パッドなどに使用できるほか、絶縁基材の薄膜化に適したRoll to Roll搬送が可能であるなど、FPCの高密度化に適した加工方法である。

4. 回路形成

FPCの回路形成は、図 4 (a) に示されるサブトラクティブ工法と呼ばれる方法が一般的である。この方法は、出発材の銅箔上に感光性エッチングレジストを貼り、フォトリソ法、すなわちフォトマスクを用いた紫外線露光、現像を経てエッチングレジストでパターン形状を作る。その後エッチング液にて出発材の銅箔のうち不要な部分を溶解除去することにより銅回路を得るものである。

一方で、図 4 (b) に示されるセミアディティブ工法と呼ばれる回路形成方法も存在する。この方法は、出発材として絶縁基材上に銅箔を貼ったものではなく、きわめて薄い（例えば 0.001 mm 以下）銅層が付与されたものを使用する。これにめっきレジストを貼り、サブトラクティブ工法と同様にフォトリソ法でレジストのパターン形状を作るが、サブトラクティブ工法とはネガ/ポジの関係、すなわちレジストが残っている部分の位置関係が逆転する。続いて銅めっきによりめっきレジスト開口部に銅回路を形成し、めっきレジストを剥離。最後にきわめて薄い銅層をエッチングにより溶解除去して回路形

成が完了する。

サブトラクティブ工法でのFPC高密度化は、エッチングレジストの厚さ、出発材の銅箔厚さと種類などが重要であることが知られている。狭ピッチ実装部品の周囲など比較的狭い範囲での適用や、特殊用途の小規模量産を除けば、この先回路ピッチ 0.05 mm程度で限界がくると考えられる。

一方のセミアディティブ工法の場合、めっきレジストが形成できれば回路を作ることが可能であるため、サブトラクティブ工法の限界を超えてさらに高密度回路の形成が可能である。

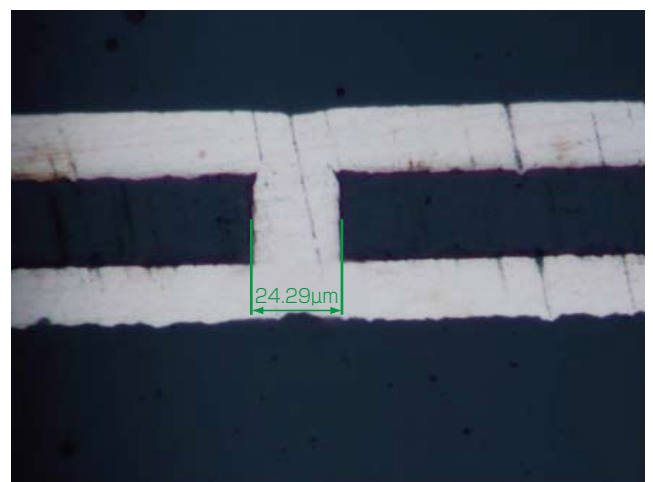


図 2 レーザ加工を用いた小径層間導通穴の例
(ϕ 0.025mm)
Fig. 2. Example of LASER small through hole.
(0.025 mm-dia.)

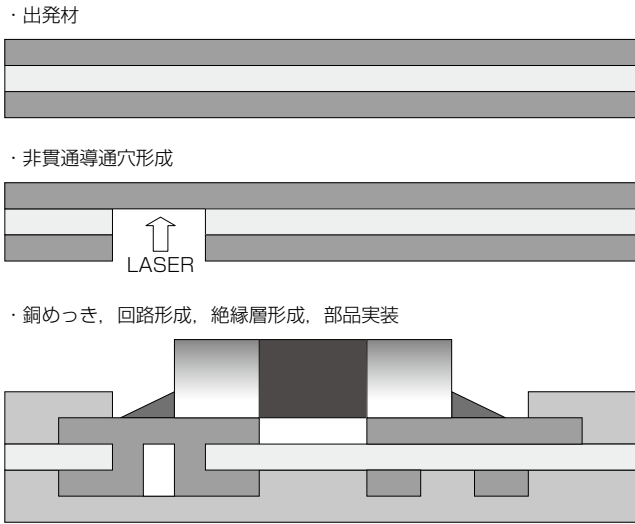


図3 非貫通導通穴の形成方法と、部品実装パッドに使用した例
 Fig. 3. Example of non through VIA process flow and apply to component mount pad.

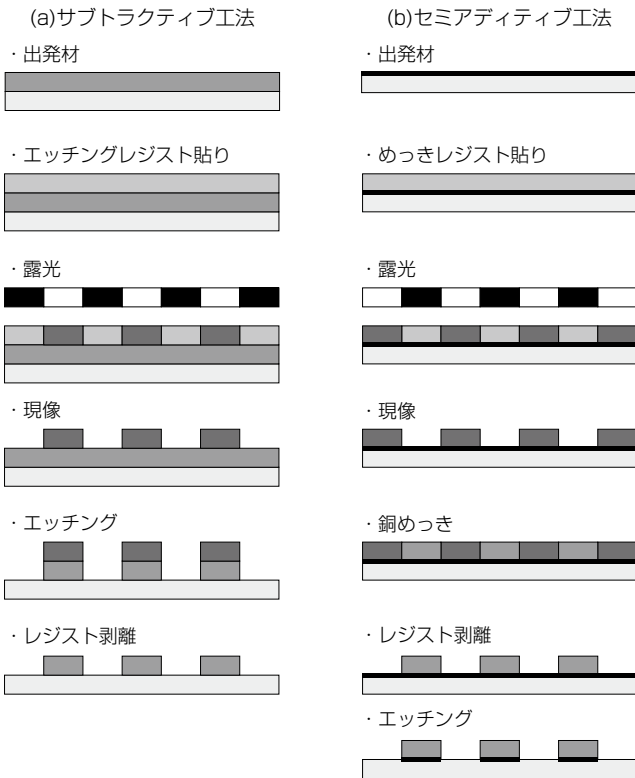


図4 サブトラクティブ工法とセミアディティブ工法の回路形成方法
 Fig. 4. Circuit shaping flow of subtractive and semi-additive process.

なお、いずれの工法でもフォトリソ工程の条件最適化が、高密度、かつ高精度なレジスト形成のために重要である。図5に工程条件によるレジスト仕上がり形状の比較例を示す。また、量産においては回路検査による最終製品の品質保証が必要であるが、高密度に形成された回路を目視にて検査することは不可能である。そのため、光学式による自動外観検査が適用されている。

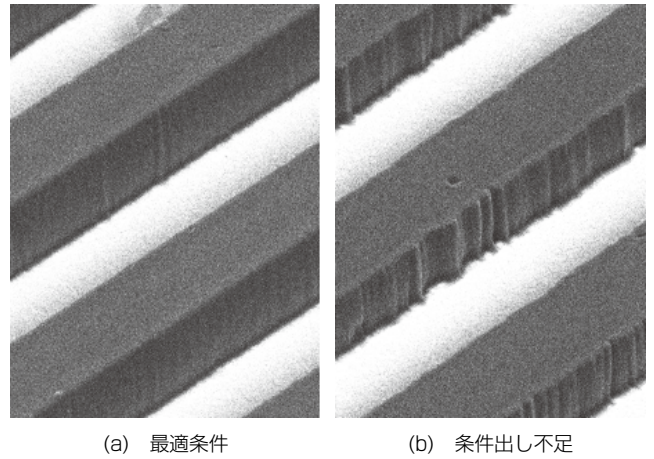


図5 フォトリソ工程の条件によるレジスト仕上がり形状の比較例

Fig. 5. Comparison of resist shape with photolithographic conditions.

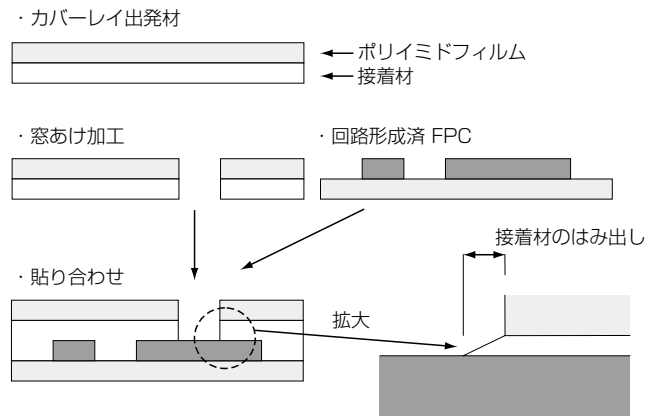


図6 カバーレイを用いた絶縁層形成
 Fig. 6. Insulation layer form with cover lay.

5. 絶縁層形成

FPCの絶縁層は、一般には屈曲性に優れたカバーレイが用いられることが多い。図6に示すように、ポリイミドフィルム等の柔軟性のある絶縁基材上に接着材(多くの場合は熱硬化性)が塗布されたものを出発材に、金型等により窓あけ加工されたカバーレイと回路形成済FPCを、位置合わせの上で貼り合わせて形成される。熱硬化接着材を用いたカバーレイの場合、貼り合わせ後に熱/圧力を加えてその接着材を硬化させるが、窓あけ加工された部分の端面には図示のような接着材のはみ出しが生じる。この接着材のはみ出しと、前述の位置合わせ貼り誤差がカバーレイによる絶縁層形成の高密度化を難しいものとしている。さらに窓あけ加工に使用する金型には、例えば雌型の強度確保の観点から窓間隔を一定以下に狭められない等の設計制約が存在する。

その一方、図7のように感光性ソルダーレジストを用いて絶縁層を形成する方法もある。回路形成済FPCに感光性ソルダーレジストを付与し、前項「回路形成」と同様のフォトリソ法で絶縁層を形成する方法である。

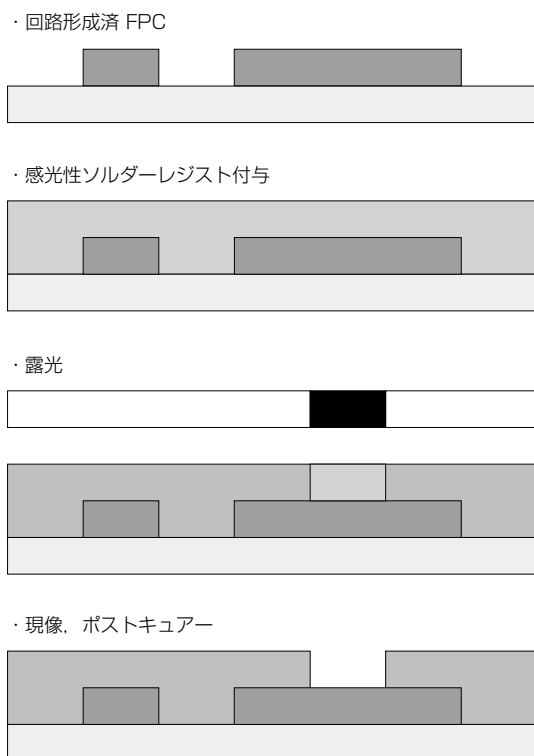


図7 感光性ソルダーレジストを用いた絶縁層形成
Fig. 7. Insulation layer form with photo solder resist.

フォトリソ法であるため、形成済回路との位置合わせ精度の向上が比較的容易で、かつ接着材のはみ出しが原理上生じない。さらにカバーレイの窓あけ加工に使用する金型のような設計制約も存在せず、形状自由度の高い、高密度の絶縁層が形成可能である。なお、露光工程にはマスクレスの直接描画露光法の採用も進んでおり、回路との位置合わせ精度のさらなる向上を実現している。

一般に感光性ソルダーレジストは折り曲げ耐性が低いため、折り曲げ部をカバーレイ、部品実装部等を感光性ソルダーレジストと使い分けて絶縁層を形成する場合がある。この場合、2種類の絶縁層形成工程を経るため工程が長くなってしまう。これに対し、ある程度の折り曲げ耐性を持った感光性ソルダーレジストも開発を完了しており、工程簡略化のために適用がはじまっている。

6. 部品実装

FPCへ実装される部品の形状や実装方法には多くの種類が存在するが、大多数はチップ部品に代表される表面実装部品を、図8に示される手法で実装している。表面実装技術はFPCに対してメタルマスク等を用いクリームはんだを印刷、部品を配置し、はんだリフローでクリームはんだを一旦溶解させたあと冷却し、実装部品とFPC回路を電氣的、物理的に接続するものである。

表面実装部品は、チップ部品で0603サイズ(外形寸法:0.6 mm × 0.3 mm)から0402サイズ(同:0.4 mm × 0.2 mm)へ、B to B(基板対基板)コネクタやCSPでは

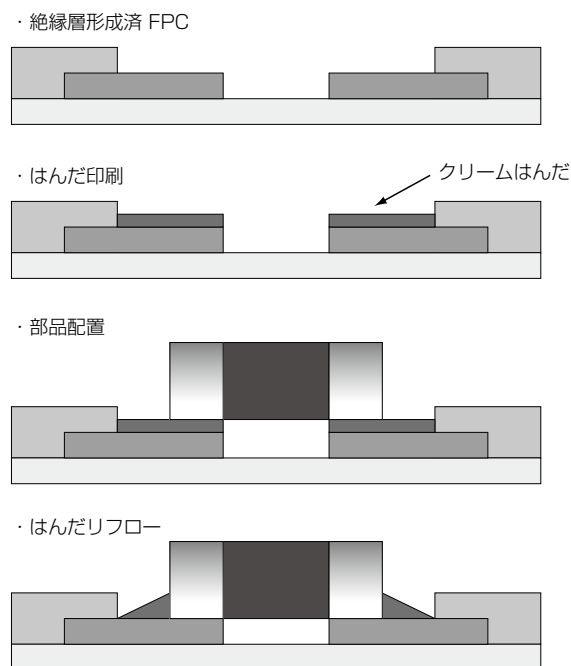


図8 表面実装の流れ
Fig. 8. Example of surface mount process flow.

ピッチ 0.4 mmからピッチ 0.35 mm, さらにはピッチ 0.3 mmへ、それぞれ小型化の要求が出ている。FPCは柔軟性が高いという長所を持っているが、このように超小型化された部品を実装するにあたっては、この長所が問題となる。はんだ印刷工程におけるクリームはんだ量、印刷形状、印刷位置制御のみならず、絶縁層形成工程の精度向上、さらには最適な実装パッド形状や絶縁層開口形状の選定というFPC設計段階までさかのぼった生産工程全体をみた最適化が必要となる。FPC設計から部品実装までを一貫して対応する当社の強みをいかし、これら超小型部品実装を実現している。

また、表面実装部品の小型化に伴いはんだ付け面積が狭くなるが、これによりはんだ付け強度が低下する。特に強度が必要な場所に対しては部品下部もしくは外周を補強樹脂で固定する場合も増えてきている。さらに接着強度の向上だけでなく、はんだ接続部など金属露出部への防湿コーティングの役割も併用することで、高密度かつ高品質な機能部品の提供を可能としている。

7. むすび

FPCの高密度化技術について「層間導通穴形成」「回路形成」「絶縁層形成」および「部品実装」の各要素に焦点をあてて紹介した。この先もFPCの高密度化要求は進んでいくと考えるが、これに加え、伝送信号の高速化や低損失などの高周波電気特性に関する要求や、これまでのFPCには無い新たな機能を盛り込んだ要求も出てくると思われる。引き続き市場の要求を先取りする開発を進めていく。