

市場の要求に応えるFPCの量産技術

電子電装開発センタ 下村 昭夫*1・金川 正*2

FPC Mass Production Technology to Meet with Market Needs

A. Shimomura & T. Kanagawa

携帯電話の普及は目覚ましいものがあり、その機能も様々なものが付加されてきている。また、デジタルカメラや携帯型ゲーム機に代表されるモバイル電子機器も小型化・高機能化がいつそう進んできている。従来からこうした機器には必ずと言っていいほどフレキシブルプリント基板（以下FPC）が採用されていたが、モバイル機器の高機能化に合わせてFPCの搭載率が急上昇し、一部の機器では面積でリジッド基板をしのぐほどとなっている。FPCマーケットにおいて主要サプライヤの一翼を担うフジクラは、増大する供給責任を果たすとともに、製品の高機能化を図り、市場のニーズに応えてきた。本稿ではフジクラの生産能力拡大と各生産拠点に導入された最新の量産技術について報告する。

Recently mobile phones are coming into common use almost throughout the world. Other mobile devices such as Digital Still Camera, Portable Game Machine, Portable Music Player with HDD etc, are also booming and getting new functions, while reducing their size and weight at the same time.

Flexible Printed Circuit (FPC) has been widely used in those mobile equipments thanks to its lightweight and low shape characteristics. Until quite recently FPC was playing only a minor role in the sets, if compared to Rigid PWBs. But nowadays FPCs are mainly used especially in those mobile products that have state-of-the-art functions.

Fujikura Ltd., one of the major FPC suppliers, has been expanding capability in volume and shifting the product range to the higher end to meet with rapidly growing market needs. In this paper, the recent production technology introduced in the Fujikura's new factory in Thailand will be discussed.

1. ま え が き

近年、電子機器市場は急速に変化してきている。特に従来のデスクトップパソコンなどの据置型機器から携帯電話・ノートブックパソコンに代表される“モバイル”への変化が顕著になってきた。また、DVD、デジタルスチルカメラ（DSC）、デジタルビデオカメラ（DVC）等の小型高機能な機器の出現で、高度な実装・組込技術が必要とされてきている。さらに回路基板も省スペース・軽量化の要求からいつそうの薄型化が求められている。このため、薄さ・折り曲げ性に優れるFPC基板がリジッド基板に代わって採用されるケースが増えてきており、ここ数年FPC基板の需要が急激に増加している。数量の増加だけでなく、ベアチップ実装・CSP（Chip Size Package）実装など高密度実装の要求が強くなった結果、基板のファイン化も進展してきている。

当社グループではこの需要に応え、生産量の拡大と製品の高度化をはかるため、国内外の製造拠点へ積極的な投資

を行っている。生産能力を向上させるとともに、より薄型・微細な回路基板の生産を目指し、新プロセスの導入と従来プロセスの改善を継続中である。

当社グループのFPC生産拠点は、国内では秋田市の（株）東北フジクラ、海外ではタイ王国PCTT社と中国上海市のFESL社がある。東北フジクラとPCTT社はFPCの回路形成から後加工、部品実装にいたる一貫生産拠点であるが、上海のFESL社は電子部品実装を中心とした後工程に特化しており、FPC基板自体は他の生産拠点から供給を受けている。

これらの生産拠点のうち、数量・金額ともに生産量がもっとも大きいのがタイ王国PCTT社である。ナワナコン工場（1988年開設）・プラチンプリ工場（1996年開設）を充実させると共に、2000年からは第3拠点となるアユタヤ工場の建設をスタートし、現在第3期の工事中である。既設のナワナコン工場・プラチンプリ工場の生産能力・品質能力では、高度化する市場の要求に応えるには不十分となってきたため、アユタヤ工場にはLVH（Laser Via Hole）プロセスや多層板プロセスなど、従来は日本国内の製造拠点である東北フジクラのみで加工されていた新しいプロセスを、工場建設とともに順次導入してきている。

*1 プロセス技術開発部グループ長

*2 プロセス技術開発部長

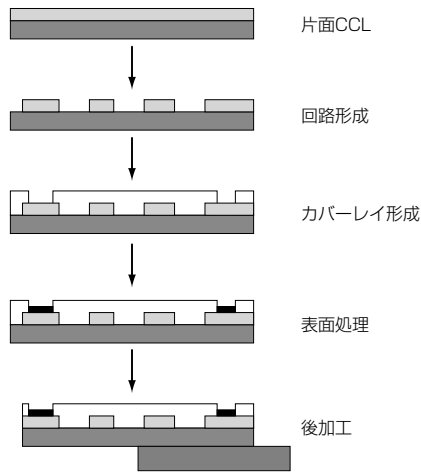


図1 片面FPC製造工程
Productive process of single-sided FPC

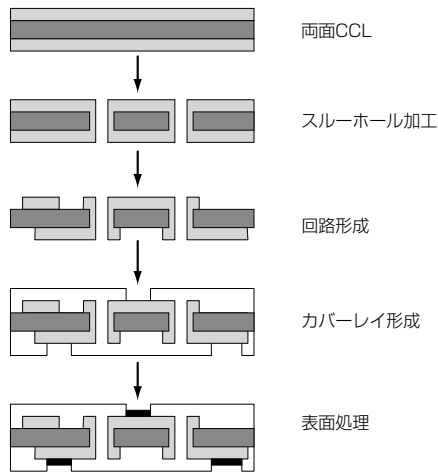


図2 両面FPC製造工程
Productive process of double-sided FPC

2. FPCの構造

当社グループで製造しているFPCは大きく分けて、片面基板・両面基板と多層基板がある。それぞれの工程を図1～図3に示す。

片面基板はポリイミド基材の片面のみに銅箔がラミネートされた片面CCLからスタートして、銅箔回路を形成する回路形成工程→回路表面に保護層を形成するカバーレイ形成工程→回路端子部にめっき処理・耐熱防錆等を行う表面処理工程→補強板貼り・外形抜き・検査などを行う後加工工程の順に加工を行う。

両面基板はポリイミド基材の両面に銅箔がラミネートされた両面CCLからスタートして、表裏面の導通を取るスルーホール形成工程（LVH形成）→回路形成工程→カバーレイ形成工程→後加工工程と進められる。

多層板は製作方法が多岐にわたるが主に以下の工程で加工を行っている。内層FPC製作→外層板加工→内層FPCと外層板を積層する積層工程→スルーホール形成工程→最外層に回路を形成する外層回路形成工程→表面保護のソルダーレジスト層を形成するDSR工程→表面処理工程→

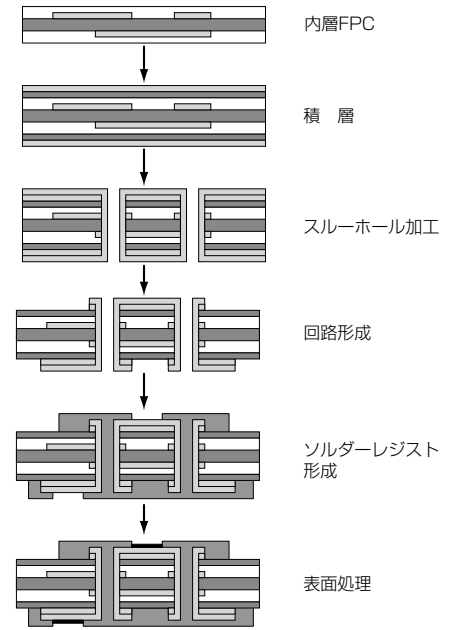


図3 多層基板（R-F）製造工程
Productive process of multi-layer R-F



図4 PCTTアユタヤ工場（正面）
Front view of PCTT Ayutthaya Factory



図5 PCTTアユタヤ工場C棟
PCTT Ayutthaya C Factory

後加工工程と非常に長い工程となっており、複雑なものは100工程を越える場合もある。

3. PCTT社新工場の建設および新プロセスの導入

PCTT社では、FPCの需要増加に対応して各工場で生産能力を拡大してきたが、ここではアユタヤ新工場への導入技術の紹介を行う。アユタヤ工場は2000年に建設が開始され、現在A工場とB工場が稼働、2005年初頭からC工場が稼働開始する予定である。（図4、5）

3.1 薄物・ファイン回路

アユタヤA工場は2000年10月に建設がスタートし、操

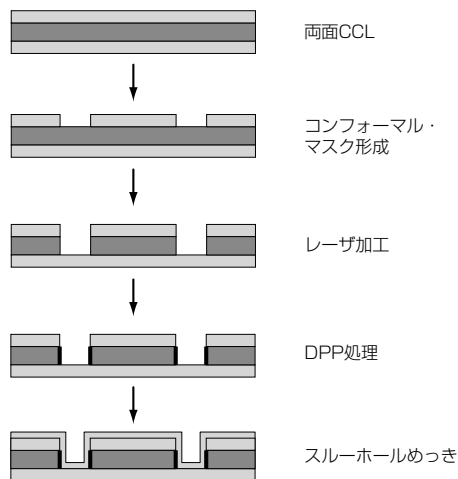


図 6 LVH 加工工程
Productive process of Laser Via Hole



図 7 LVH 断面図
Cross section of Laser Via Hole

業開始は2001年6月である。主な製造品種は片面ファインと両面板である。この工場では薄物基板・ファイン回路の安定量産のため、回路形成工程のプロセス改善を行ってきた。特に現像・エッチングラインのRoll-to-Roll化、単板用ラミネータ・露光装置の薄物対応を行い、回路の微細化では、片面板でL/S (Line/Space) =50/50 μm を安定して製造できる能力がある。両面板についても、スルーホールめっき装置を従来のキャリアタイプからプッシャータイプに変更することで、スルーホールめっきの膜厚均一性を向上させてL/S=75/75 μm を安定生産する能力がある。

3.2 LVH (Laser Via Hole) プロセス

スルーホールよりも高密度に両面板の層間接続を配置することができるLVHプロセスは1999年に東北フジクラに導入された。以来、フジクラはLVH両面FPC基板のリーディングカンパニーとしてマーケットの期待に応えてきたが、高度なプロセス管理が必要なため、海外生産には慎重を期していた。操業実績の積み重ねによるプロセス安定化が進んだことと、マーケットの需要増大に応えるため、2001年にアユタヤA工場にLVHプロセスを導入した。図6にLVH工程のフローを、図7にLVH断面を示す。

このプロセスでは両面CCL基材からスタートし、フォトリソグラフィプロセスにより表面銅箔に窓穴を形成する。次にこの表面銅箔をマスクとしてレーザー加工によりボ

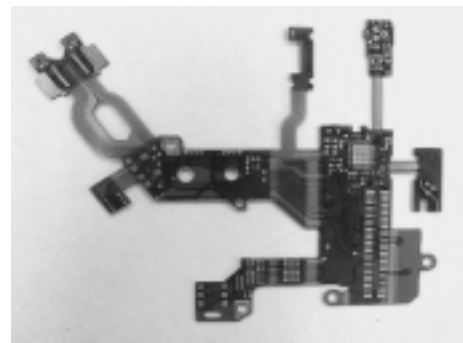


図 8 リジッドフレックス多層基板
Rigid-Flex multi-layer PWB

リミド層の穴加工を行い、DPP・銅めっきを行うことによって層間の導通を取る。アユタヤA工場ではこれにより、従来 $\phi 350 \mu\text{m}$ であった両面板のスルーホールサイズを $\phi 100 \mu\text{m}$ にすることができるようになり、両面板でよりファインな回路の製造が可能となった。

3.3 多層板プロセス

多層板をメインに生産するアユタヤB工場は2003年1月に建設をスタートし、2003年10月に建屋が完成、2004年1月より生産を開始した。この工場の主な生産品種は多層基板と両面板である。

多層板のプロセスは前述したが、片面板・両面板に比べ非常に工程数が多い。簡単なもので70工程程度、複雑なものとなると100工程を越えるものもある。製品を図8に示す。多層板でのキープロセスは積層技術であり、積層後のスルーホール加工での精度向上を考えX線基準穴明け機を導入した。これにより内層回路を基準とした位置決めができるようになり、スルーホール穴明け加工の精度が大きく向上した。

3.4 アユタヤC工場

アユタヤC工場は急激な両面板の需要増に対応するため2004年1月に建設を開始、2004年10月に完成した。操業開始は2005年2月を予定している。この工場は薄物でファインな両面板の安定生産を目指しており、新プロセスとして両面FPCのRoll-to-Roll加工を計画している。従来の両面板の回路形成はカットシートで行っていたが、材料が薄くなるに従い、折れやシワの発生が問題となっていた。各工程をRoll-to-Roll化すれば、常に薄物両面FPCにテンションをかけてハンドリングすることが可能となり、折れやシワの防止に多大な効果が得られるとともに、プロセスの連続性が高まるため、カットシート加工と比較してめっきやエッチング品質の安定化も期待できる。

3.5 表面処理技術

当社グループでは、FPCの銅箔露出部に施す各種の表面処理工程を準備している。表面処理ははんだめっき・金めっき・耐熱防錆の3種類があるが、さらに厚さや組成など顧客要求により細かく仕様が分かれている。

はんだめっきは従来から使用されている共晶はんだと環境負荷低減のため鉛フリーはんだの2種類を用意している。

鉛フリーはんだは近年の環境負荷低減の要求に対応して2003年に導入した。

金めっきは従来硬質金めっきを使用していたがベアチップ実装用途ではボンディング用ソフト金めっきの要求があり、2001年にアユタヤA工場にソフト金めっき1号機を導入した。最近では環境負荷低減のためにハンダめっきに代えて、金めっきの要求が増えており、PCTT社では十分な金めっき能力の構築を計画している。

耐熱防錆処理は従来からイミダゾール系の防錆工程を有しており、各工場に防錆ラインが導入されている。

これら3種類の表面処理を製品により使い分けており、場合によってははんだめっき・金めっき・防錆処理をすべて施す製品もある。また、表面処理は製品仕様で各設備の負荷率が大きく変動するため、各処理の生産能力には十分な余裕が必要である。

4. 国内拠点

当社グループのFPC生産の大きな部分は海外だが、より高度で先進的な生産技術を確立するため、国内拠点の東北フジクラに新工場を建設した（2005年2月完成）。また、製品開発拠点として千葉県佐倉市の㈱フジクラ佐倉事業所内に電子電装開発センタの開発棟を建設した。

東北フジクラは1990年に設立され、片面ファイン基板・両面ファイン基板・ベアチップ実装モジュール基板など高度な製品の生産を担っている。2004年10月には新建屋が

竣工し、Roll-to-Rollスルーホール形成プロセスをはじめとする先進的なプロセスを導入している。

当社グループでは国内の東北フジクラに先進的なプロセスをまず導入し、技術的に十分安定化させたいうで海外生産拠点到展開するかたちを取ることが多い。これにより国内生産の実績で培った高い信頼性と、海外生産のメリットである量産規模を両立させることが可能となっている。

FPCの開発部門である電子電装開発センタでは今後の技術動向をにらみながら新技術の開発を担当している。その成果の一つであるセミアディティブ法によるファインパターンFPCは、既に一部顧客へのサンプル出荷を始めている。

5. むすび

電子機器の小型軽量化、高機能化の流れは堅調であり、FPCに対する需要増加、高密度・高品質への要求はますます強くなるものと予想される。当社では近年の急激なFPCの需要増加に対応するために国内外の拠点へ積極的に投資を継続しているが、今回はPCTTアユタヤ工場の回路形成や表面処理に関する導入技術を中心に述べた。他にも、上海フジクラ電子（FESL）の実装ライン増設、PCTTプラチンプリ工場へのフリップチップ実装ライン導入など、実装系でも多くの新技術や新設備の導入を行っている。別の機会に改めて紹介したい。