

# 8層ビルドアップリジッド-フレックス基板

電子電装開発センター 道場 数之\*1・守屋 英紀\*1・村川 暁\*1・高橋 克彦\*2  
(株)東北フジクラ 山上 勝哉・野田 享宏

## 8-Layer Build-up Rigid-Flex Printed Circuit Board

N. Michiba, H. Moriya, A. Murakawa, K. Takahashi, K. Yamagami & T. Noda

近年の電子機器の急速な発展にともない、搭載されている基板に求められる性能も非常に高くなっていく。これに対応し、リジッド基板とフレキシブル基板を積層、一体化させたリジッド-フレックス (R-F) 基板の需要が伸びている。今回、屈曲特性に優れた中空構造をとり、6層コア基板に1段ビルドアップ層を形成した8層ビルドアップR-F基板を開発した。耐屈曲性、耐熱性、TH信頼性など各種評価の結果はすべて良好であった。高屈曲および高密度配線を両立させた技術は、市場の要求に対して幅広い対応を可能とする。

Recently, rapid developments of electric devices require higher performance printed circuit board (PCB). Rigid-flex (R-F) PCB is one of its solutions. R-F PCB is stacked up and unified flexible printed circuit board (FPC) and rigid printed circuit board. In this time, we developed 8-layer build-up R-F PCB that has one build-up layer on 6 layer-core for multilayer portion. So it shows both higher bending characteristic and higher density assembly availability. We confirmed its good reliability, such as higher bending proof for FPC portion, good heat resistance, and well thermal shock resistance. The technology of coping with both high bending characteristic and high density assembly availability meet market demand.

### 1. ま え が き

近年、携帯電話やデジタルスチルカメラ、ノートパソコン等の電子機器は小型・薄型化と多機能・高性能化が急速に進んでいる。そのため、搭載されている回路基板にもより一層の小型・薄型化、回路の高密度化・多層化が求められている。その要求に応えることができるリジッド-フレックス多層基板 (R-F多層基板、図1) やフレキシブル多層基板 (FPC多層基板) には、①多層基板同士をコネクタレスで接続できる、②多層部ではリジッドプリント基板 (RPC) と同等の実装性を持つ、③基板間を接続しているフレキシブルプリント基板 (FPC) で基板の折りたたみ (省スペース化) が可能であるといった特長があり、その市場は大きく伸びている。

また、携帯端末では液晶画面の大型・高精細化が進んでいる。このため、携帯電話は折りたたみ式が主流となり、ディスプレイ部とキースイッチ部を分けて、ヒンジ部に優れた屈曲特性を持つFPCを用い、両基板を接続するといった方法が採られている。

このようなマーケット環境下で、従来のR-F基板は基板

を折りたたむことによる省スペース化での用途が主流であったが、最近になってFPC部に高い繰り返し屈曲性能も求められるようになってきた。本報では、優れた屈曲特性を持つFPC部分を持ち、回路密度・設計自由度に優れたビルドアップ構造を採る8層ビルドアップR-F基板の開発について報告する。

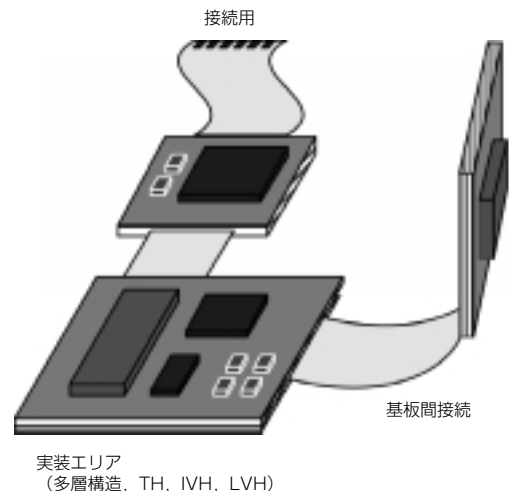


図1 R-F基板の特徴  
Feature of R-F PCB

\*1 回路技術開発部

\*2 回路技術開発部グループ長

## 2. 基板構造

今回開発した基板は、リジッド部で高密度配線・実装に対応し、中空FPC構造部で高屈曲性に対応した8層ビルドアップ基板である。

まず屈曲部分となるFPCの構造について述べる。先に述べたように、最近の携帯電話は液晶ディスプレイの大型・高精細化、サブ液晶追加、カメラ搭載などにより、ヒンジ部を通る信号線（回路）の数が増加している。しかしながら、ヒンジ部に許容されるスペースは限られており、両面基板でかつファインなFPCを使用する必要がある。一方、最近はさらに高い屈曲性能が求められるようになり、両面基板では対応できなくなっている。そこで、2枚の片面基板を貼り合わせて屈曲部の基板間に空隙を持たせ、屈曲時の応力を緩和するような中空構造を採用した。

また、部品実装部となるリジッド部分も多機能化・高性能化のために搭載部品が増えるなどの理由から、回路密度を高くする必要がある。そこで多層部は、内層FPCに両面RPCを積層した6層コア基板に片面銅貼積層板（CCL）を1層ビルドアップした8層基板とした。層間接続には、8層貫通スルーホール（TH）だけでなく、設計自由度および回路密度を向上させることができる6層コア基板のインタースティシャルビアホール（IVH）や表層のレーザパイアホール（LVH）といった複数の層間接続技術を採用している。なお、TH加工では、従来標準的に使用していたφ0.3mm径にかわり、φ0.2mm径のドリルビットを適用し、回路の高密度化に対応している。

本基板の回路パターンは各種信頼性評価パターンで構成されており、耐屈曲性・TH接続信頼性・耐マイグレーション性・部品実装性などを評価することが可能である。

## 3. 基板の作製

高多層・高密度回路基板に最適なプロセス、プロセス条件の検討および材料の選定を行ったのちに、基板を作製した。製造工程の概略を図2に示す。

はじめに片面CCL同士を貼り合わせて両面CCLとする。

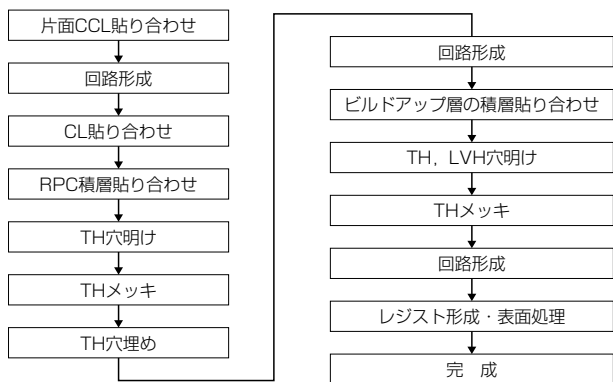


図2 製造工程  
Manufacturing process

このときヒンジ部分にあたる接着剤は除いておく。次に回路形成およびカバーレイ（CL）ラミネートによって内層FPCを作製する。その内層FPCに両面RPCを積層して6層板とし、IVHとなるTHの穴明け・メッキ・穴埋めを行う。続いて回路形成を行い、6層コア基板が完成する。

さらにビルドアップ層として片面CCLを積層し、貫通TH穴明け・LVH穴明け・THメッキののちに回路形成を行う。最後に多層部のレジスト形成・表面処理を行い、8層ビルドアップ基板の完成となる。

## 4. 基板の評価

完成した基板について各種評価を行った。評価内容とその結果を表1にまとめる。今回行った評価結果はすべて良好であった。各評価について以下に詳細を述べる。

### 4.1 外観・断面

図3のような8層ビルドアップ基板を作製した。基板にはマイグレーション評価（回路幅/回路間隙（L/S）=100/100μm, 75/75μm）、TH（6層IVH+8層TH）の層間接続信頼性評価、LVHの層間接続信頼性評価、実装性評価が可能なパターンを設けた。THの断面写真を図4に示す。いずれの断面も良好な形状であった。

### 4.2 耐熱性評価

鉛フリーはんだ実装を想定した温度プロファイル（ピ

表1 評価結果一覧  
Evaluation result list

試験項目	試験条件	判定基準	結果
表面・断面形状	目視、顕微鏡観察	回路の断線・混線・欠け・突起などが無いこと 著しいバリ、えぐれが無いこと	OK
耐熱性試験 (リフロー試験)	鉛フリー条件 (ピーク245℃)	6回の繰り返し処理後に 膨れが無いこと	OK
耐熱衝撃評価1 (液相熱衝撃試験)	260℃ 5sec ⇄ 25℃ 10sec	200cycle 断線が無いこと	OK
耐熱衝撃評価2 (気相熱衝撃試験)	125℃ ⇄ -40℃ 34min/cycle	TH:500cycle 断線が無いこと LVH:1,500cycle 断線が無いこと	OK
耐マイグレーション性試験	85℃,85%RH, DC50V	1,000時間処理後 絶縁抵抗 10MΩ以上	OK
耐屈曲性試験	0°⇄180°1sec/cycle α巻き(内径6mm)	200,000cycle 断線が無いこと	OK

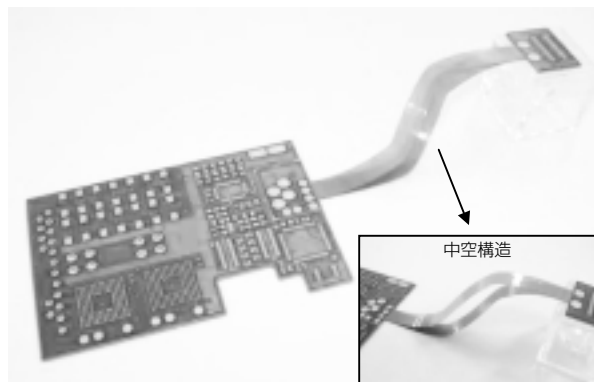


図3 8層ビルドアップR-F基板  
8-layer build-up R-F PCB

ーク温度245℃，図5)で基板のリフロー耐熱試験を行った。6回の繰り返し試験でも基板に膨れが発生することは無く，十分な耐熱性を有していた。

#### 4.3 耐熱衝撃性評価

TH (8層貫通THと6層IVHを組み合わせたもの) および表層LVHの接続信頼性を確認するために液相熱衝撃試験 (260℃5sec⇔25℃10sec) および気相熱衝撃試験 (125℃⇔-40℃/34min) を行った。

液相熱衝撃試験では，いずれの評価パターンでも200サイクルで断線しなかった。気相熱衝撃試験については，THが1,000サイクル，LVHが2,000サイクルで断線しなかった。このことより本基板の層間接続信頼性は十分であると判断した。

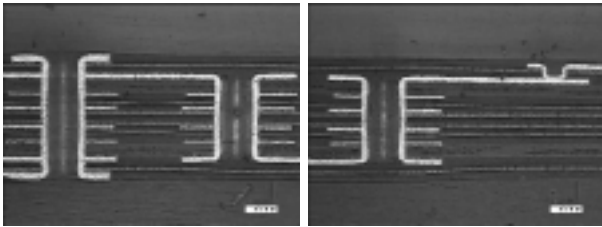


図4 断面写真  
Cross section view of various via holes

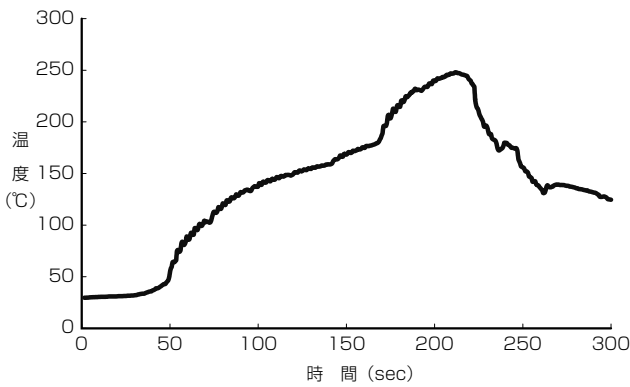


図5 鉛フリーリフロープロファイル  
Reflow profile for lead free

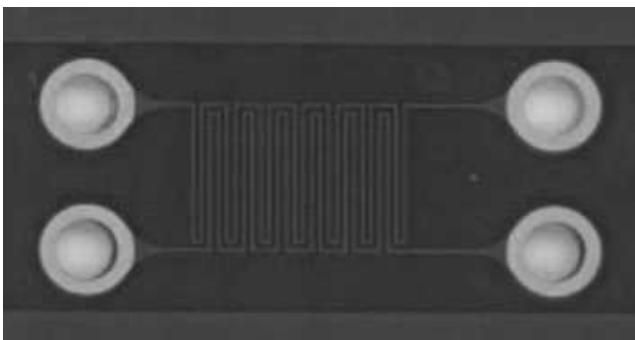


図6 蛇行回路 (L/S=100/100 μm)  
Serpentine pattern

#### 4.4 耐マイグレーション性評価

ビルドアップ層での耐マイグレーション性を評価した。L/S=100/100 μmおよび75/75 μmの蛇行回路 (図6) について，85℃/85%RH雰囲気中で直流50Vを印加し，抵抗値の変動をモニタした。その結果を図7に示す。1,000時間後の絶縁抵抗値は10<sup>7</sup>Ω以上であり，判定基準を満足している。これより本基板が十分な耐マイグレーション性を有していると判断した。

#### 4.5 耐屈曲評価

折りたたみ式携帯電話に代表されるような繰り返し屈

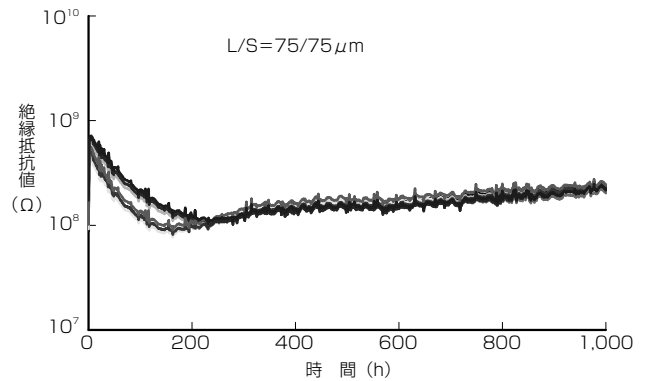
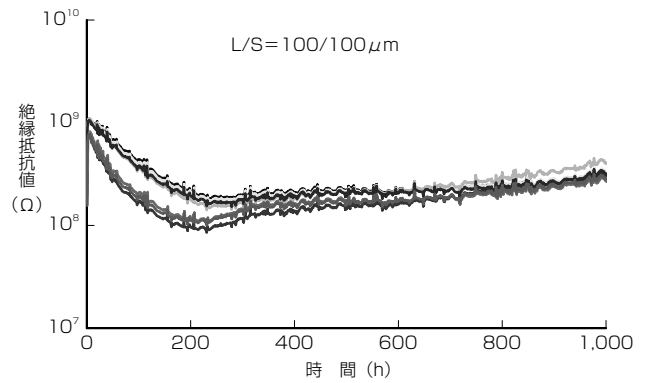


図7 耐マイグレーション性試験時間と絶縁抵抗値の関係  
Relationship between time and insulation resistance for migration resistance test



図8 屈曲試験装置  
Bending test machine

曲用途に用いられるFPCは、広範囲（0℃⇔180℃）の屈曲が求められると同時にα巻きと呼ばれる状態で使用されることが多い。このため、繰り返し屈曲用途の屈曲性評価は独自に試験装置（図8）を作製し、実機を模擬した状態で行っている。本基板は0°⇔180°、1sec/サイクル、α巻き（内径6mm）の条件で評価し、20万サイクルでも回路断線は発生せず、良好な結果が得られた。

## 5. む す び

屈曲特性に優れた中空構造をとり、6層コア基板に1段

ビルドアップ層を形成した8層ビルドアップR-F基板を開発した。耐屈曲性、耐熱性、TH信頼性、耐マイグレーション試験の結果はすべて良好であった。

今後は、最近基板に求められるようになってきた、ヒンジ部の電磁波障害（EMI）に対して高性能なシールド特性を有する基板の開発・検討を行っていく予定である。