

# メンブレンスルーホール接続技術

電子電装開発センタ 千葉 洋<sup>1</sup>・二木直洋<sup>1</sup>・後藤秀雄<sup>2</sup>  
L T E C L t d . 唐沢範之・今井隆之

## Through-hole Connecting Technology of Membrane Circuit

H . Chiba , N . Futaki , H . Goto , N . Karasawa & T . Imai

近年のデジタル電子機器の小型化トレンドにともない、回路基板に代表される内部部品にも小型化と高耐久性の要求が厳しくなっている<sup>1)</sup>。回路高密度化を目的とした基板多層化に欠かせないスルーホール接続に関して工法から改めて検討し、市場最小クラスであり、かつ高耐久性・低コストのメンブレンスルーホール構造と製法を開発した。デジタルカメラ・デジタルビデオカメラ・携帯電話等への用途として適しており、製品への採用がはじまっている。

In recent years, demand of miniaturization and high reliability performance for internal parts such as circuit board becomes severe along with the downsizing of digital electric products.

About through-hole connecting structure that is necessary in multi-layered circuit that is for miniaturization of the circuit size, we have developed new structure with small and high-reliability. It is very useful for the circuit for compact digital products, such as digital camera, digital video camcorder and mobile phone. The new membrane circuit has been used for actual products.

### 1. ま え が き

回路基板の表裏の回路を接続するスルーホール接続は、両面・多層の回路基板になくてはならない技術である。メンブレン回路においては、Polyethylene Terephthalate (PET) 基板に形成した穴に、導電性ペーストをスクリーン印刷で充填することで、通常回路と同時に形成する手法が一般的である。当社はこれまで、非常に速く穴形成できることを特長としたスルーホール製法を主として用いてきた。キーボード等大型製品の大量生産に対しては非常に有効なものであったが、近年のデジタル電子機器用基板の小型化要求への対応には課題があった。本報では、小型製品向けに開発した、小径・高耐久メンブレンスルーホールについて紹介する。

### 2. 開 発 設 計

現在、デジタル電子機器用の小型メンブレンは、最小回路ピッチ0.3mm、最小回路幅0.15mm、回路膜厚は8 $\mu$ m程度が主流で、さらなる高密度化の開発も進行中である。スルーホールに対しても、接続ランドを含め、上記サイズの回路設計に影響を与えないサイズが求められ、具体的に

は最大でも1mm程度のランド径となる。実際、他社のデジタル家電向けメンブレンスルーホールは接続ランド径1.0mm、1.2mm等となっており、さらなる小径化の目的を含め、サイズに関しては0.8mm以下の接続面積を実現することを目標とした。接続部のイメージを図1に示すが、印刷工程のずれ公差等を考慮すると、穴自体は0.3mm以下の径であることが求められる。開発設計構造を図2に示す。

次に、性能に関しては、低抵抗値と確実な接続、そして耐環境性能が求められる。確実な接続のため、スルーホール部回路に関して、穴エッジ部および穴内部側面の回路膜厚が8 $\mu$ m以上確実に形成されることを条件とした。また、硬化を考えた場合、穴内部に充填されすぎること問題であるため、通常量産硬化条件を適用できるように、内部ペースト厚の上限も定めた。以上の条件を満たしつつ、厳しい環境試験仕様に耐えるメンブレンスルーホール構造と製法を、大きなコストアップなしに確立することが課題である。

### 3. 評 価 方 法

スルーホール接続構造に対してダメージを与える主な要因は次のようなものである。

#### (1) 熱ストレス

穴内部の銀ペーストやレジスト厚が通常より厚くなるため、熱による寸法変化量も大きくなり、ヒートショック等

1 回路技術開発部

2 回路技術開発部グループ長

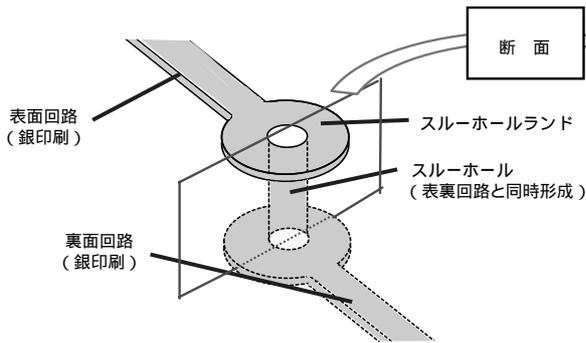


図1 スルーホール構造概念図  
Fig. 1. Structure of the through-hole.

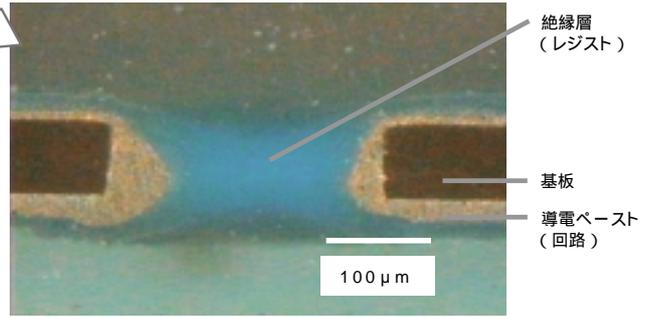


図4 スルーホール部断面  
Fig. 4. Cross sectional view of the through-hole.

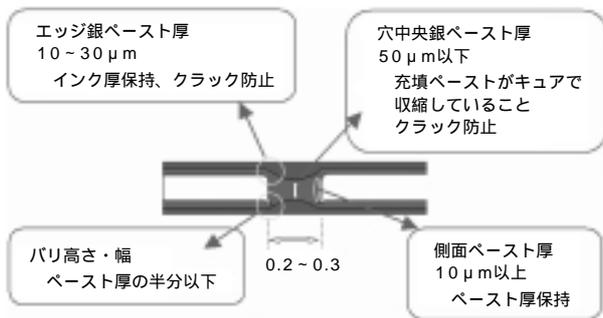


図2 開発設計構造  
Fig. 2. Design of new through-hole structure.

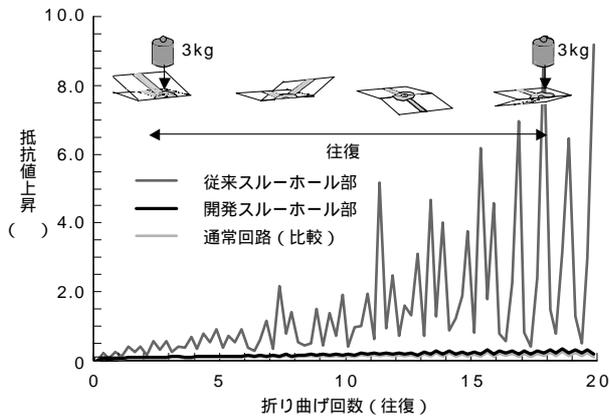


図3 R=0 180° 往復曲げ耐久試験結果  
Fig. 3. Result of R=0 2-way bending test.

の繰り返し熱ストレスでクラックが発生し、抵抗値上昇や断線にいたる可能性がある。

(2) 機械的ストレス

曲げやねじりなどが加わった場合、基板穴のエッジ部には大きな応力が集中することとなり、クラックや剥離が発生し、上記と同様の状態となる。さらに、エッジ部には穴あけ加工時に発生したバリ等が存在することがあり、その場合、応力集中を助長して欠陥の原因となりうる。また、

表1 スルーホール仕様  
Table 1. Specification of the through-hole.

接続抵抗値	20 ~ 30m
最適基材厚	50 ~ 75 μm
スルーホール穴径	0.25mm
最小スルーホール穴径	0.75mm
最小スルーホールピッチ	1.0mm

回路抵抗値含まず

内部ペーストが厚くなった場合も、脆く割れやすい状態になることが予想でき、クラックや断線が引き起こされる可能性がある。

(3) 熱ストレスと機械ストレスの複合

特に機械ストレスに対し、通常回路より耐久性が低下しやすい。本開発ではこの複合モードを再現可能な評価方法(試験方法)を考案し、そのきわめて厳しい試験条件に耐えうる構造を確立することを目的とした。検討の結果、R=0で0°と360°の往復曲げを繰り返すという実際の用途ではありえない加速試験条件で再現する評価方法を適用した。試験概要と結果を図3に示す。

4. 製法

PET基板に目標径の穴を形成する手法は何種類が存在するが、いずれの工法を用いたとしても、穴のエッジが鋭くなることや、バリが発生することの影響で、両面の回路接続に影響を与える可能性が排除できない。このため、当初は仕様を達成する構造が実現できず、断線不良等が発生した。そこで、加工条件や工程を最適化することで、エッジ部やランド部、さらに穴内部の回路膜厚を適正に制御することに成功した(特許出願済)。また、開発した高精度穴あけ工法を併用することで接続信頼性を向上することができ、次項で述べる耐久性を実現するとともに初期的な導通不良率は5ppm以下となっている。このプロセスは小型メンブレンスルーホールにおいて非常に有効な製法であり、目標の構造を実現することができ、穴径が0.25mm、接続径 0.75mmで両面を接続できる。開発したスルーホールの仕様を表1に、構造の断面写真を図4に示す。

表2 耐環境試験結果  
Table 2. Result of reliability test.

試験項目	試験条件	結果・抵抗値
往復曲げ	3kg 荷重 爪折り 往復20 サイクル	上昇2 以内
摺動	銅線端子 1kg 荷重1s/往復 1,500 往復	上昇2 以内
打鍵	500gf 60 万shots	上昇1 以内
連続荷重	2 押し棒 2kg 荷重 120h	±5%以内
耐熱曲げ	70 R=1 100h	±5%以内
耐湿熱	85 85%RH 100h	±5%以内
ヒートサイクル	85 85%RH 2h -40 10min 70 サイクル	±7%以内

結果は回路抵抗値を含む

## 5. 性能

開発したメンブレンスルーホール耐環境試験結果を表2に示す。デジタル機器用のメンブレンに求められる標準的な条件に加え、先述の厳しい往復曲げ試験にも、高い耐久性を示している。当社の従来構造や、新たに開発した技術を用いずに作製したメンブレンスルーホールに対して同様の試験を行うと、抵抗値は折り曲げ回数につれて大きく上昇する。開発した新構造品については、既述の技術でエッジ部と内部の銀回路膜厚が確実に制御できるため、スルーホールを持たない通常の回路と同等という非常に優れた性能を有している。

## 6. むすび

新規に開発したメンブレンスルーホールについて紹介した。開発した構造とプロセスによって、高い接続信頼性と耐久性を持たせることができ、それによって、小型メンブレンスルーホール技術を確立した。穴あけの他には特別な追加工程や特殊条件を必要とすることもなく、コスト的に

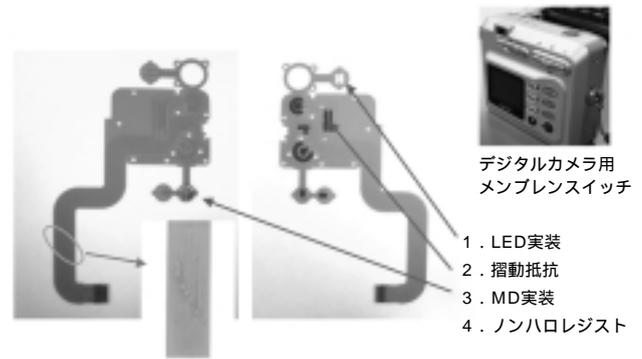


図5 製品適用例  
Fig. 5. Example of actual product.

も優れている。デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話用等、あらゆる小型デジタル電子機器に応用が可能で、製品の小型化や配線密度アップに寄与することが可能である。現在、プロジェクタ、携帯電話、タッチパネル用引出し線用など、数々の製品に展開しており、代表的な製品例を図5に示す。

今後、基板厚さ、ペースト材料の最適化、Roll to Roll製法<sup>2)</sup>への展開等を行い、アプリケーション分野の拡大を図ってゆく。

## 参考文献

- 1) 遠藤ほか：導電性ペースト印刷基板の高機能化，電子技術，3月号，pp. 11-17，1989
- 2) 大山ほか：R-R印刷技術，フジクラ技報，第102号，pp. 47-52，2002