

狭ピッチコネクタ対応メンブレン配線板

材料技術研究所 平田 修造¹・小野 朗 伸¹
プリント回路事業部 黒沢 優²
電子電装開発センター 大山 昌 紀³・千葉 洋³

Migration-proof Membrane Circuits for Fine-pitch Connector

S. Hirata, A. Ono, M. Kurosawa, M. Ohyama & H. Chiba

メンブレン配線板は導電ペーストをPETフィルム上にスクリーン印刷することで形成され、製造工程が単純で低コストであるという特徴のため需要が拡大している。近年、電子部品機器の小型軽量化に伴い、狭ピッチコネクタに対応したメンブレン配線板が要求されている。この市場ニーズにこたえるべく、新規導電ペーストを適用することで、耐マイグレーション性、低抵抗、およびコネクタ挿抜性に優れた0.3mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板を開発した。

Membrane circuit board is produced by printing a conductive paste on PET film. The advantage of the membrane circuit board is the low cost due to simple process. Recently, it is required to miniaturize to circuit pitch in small digital consumer electronics or mobile computers. For these demands, we developed membrane circuits for 0.3 mm pitch connector with migration-proof in the circumstance of narrow line gap, high conductivity, and mating reliability after repeatable connecting by using new migration-proof conductive paste.

1. ま え が き

電子機器の小型軽量化に伴い、構成部品の薄型化および実装基板の高密度化が求められ、フレキシブルプリント配線板（FPC）の需要が増大している。一般的に、FPCは樹脂フィルムに貼り合わせた銅箔をエッチング加工することで作製したものであるが、これとは別に樹脂フィルムに導電銀ペーストを印刷加工することでフレキシブルプリント配線板が作製できる。後者の導電ペースト印刷配線板をメンブレン配線板¹⁾と呼び、製法がシンプルで低コストであることから採用が広まりつつある。

メンブレン配線板はポリエステルフィルム（PET）に銀ペーストを印刷する方法が主流である（図1）²⁾。しかし課題として印刷精度に限界があり、マイグレーションが起きやすい銀を回路材料に使用していることから、ファイン化が困難であることなどがあげられる。現在コネクタ対応メンブレン配線板としては、0.5mmピッチまで対応可能であるが、今後0.3mmピッチ対応が必要になるため、狭ピッチコネクタ対応メンブレン配線板の開発を行った。

1 化学機能材料開発部
2 機構部品技術部
3 回路技術開発部

2. 開 発 目 標

2.1 従来技術

メンブレン配線板の導電回路に使用される銀は、水存在下で酸化還元による溶出と結晶析出を生じやすい材料である。このため高湿度下で電圧印加を行うと銀回路間で銀の溶解析出が起これり、回路間を図2のような樹木状に針（デンドライト）が成長する。この現象をマイグレーションという³⁾。これを回避するためには、導電回路を耐水性絶縁レジストで被覆して銀回路と水とを接触させない構造が採られる。しかしコネクタ嵌合部は電氣的接続を取る必要上、導電回路がむきだしの状態になっており、絶縁レジストで被覆する方法を適用することができない。

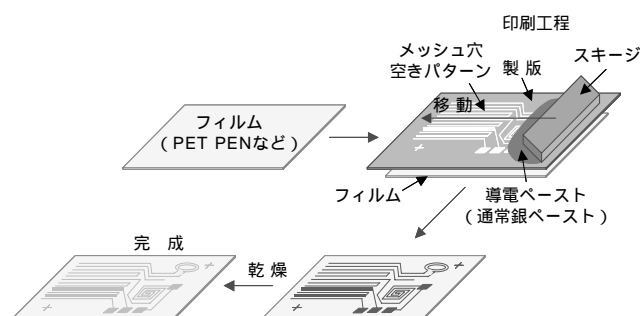


図1 メンブレン配線板の作製方法

Fig. 1. Fabrication method of membrane circuit board.

メンブレン配線板コネクタ嵌合部のマイグレーション対策としては、図3に示すように導電銀回路をマイグレーションしないカーボンで被覆する手法がとられ、当社では0.5mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板に採用し実用化している⁴⁾。しかし、この手法を0.3mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板に採用するには、カーボン導電ペーストの印刷精度が制約となって実用化に問題があった。そこで本研究では、銀に代わる耐マイグレーション性導電材料を選定・採用することで、0.3mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板の開発を行った(図4)。

2.2 開発目標

メンブレン配線板コネクタ嵌合部の要求特性を表1に示す。コネクタ嵌合部の導電回路は、十分な耐マイグレーション性を持つこと、低抵抗であること、コネクタとの繰り返し挿抜に耐えることなどが必須である。マイグレーション特性に関しては、図5のように回路幅200 μmにDC5Vを印加した際に、析出物が回路を繋ぐ時間を短絡時間として設定し、FPCと同等である1,000s以上をクリアすることを開発の目標値とした。低抵抗化に関しては、対応する製品の回路抵抗スペックを考慮し、コネクタ嵌合部の抵抗値が数10 になるように開発目標を設定した。この場合0.3mmピッチの設計において、ペーストに必要な体積抵抗値は10⁻³ cm前半となるため、導電ペーストの体積

抵抗値の目標を10⁻³ cmに設定した。繰り返し挿抜耐久性に関しては、表1の仕様を満たすバインダ樹脂の選定を行った。

3. 開発結果と考察

3.1 耐マイグレーション性

耐マイグレーション導電材料として、銀に代わる導電フィラーの選定を行った。耐マイグレーション性の評価として図5に示すようなウォータードロップ試験を実施し、導電回路ギャップ幅と試験短絡時間との相関を調べた。その結果、図6に示すように、銀や銅単体、もしくは銀合金に関しては短時間で回路短絡が起こり、回路間に析出物が見られた。一方、銀や銅をコアとして周囲に金めっきをかけた粒子では、析出物の発生時間は遅くなり、短絡時間が延長した。金やパラジウムといった金属はマイグレーションに対して安定であることがわかる³⁾。検討の結果、銀成分や銅成分を含まない粒子に金めっきをかけた粒子において、めっき量を制御することでFPCと同等のマイグレーション特性を示す材料を開発した。

3.2 導電回路の低抵抗化

FPCと同等の耐マイグレーション性を示す各種金めっき粒子をフィラーに用いた導電材料において、体積抵抗値の

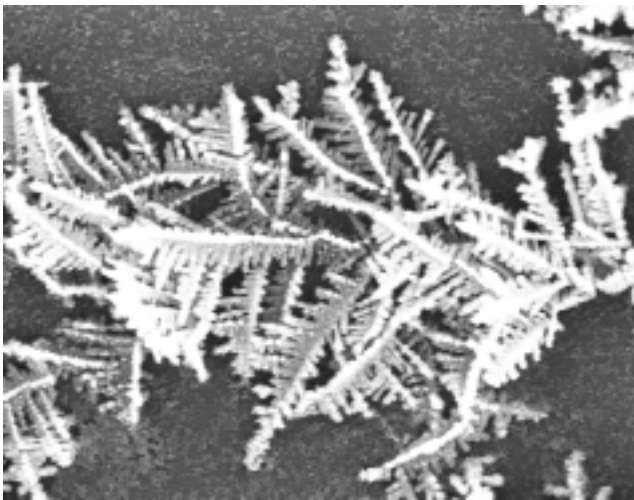


図2 銀 dendraイトの写真
Fig. 2. FE-SEM image of Ag dendrite.

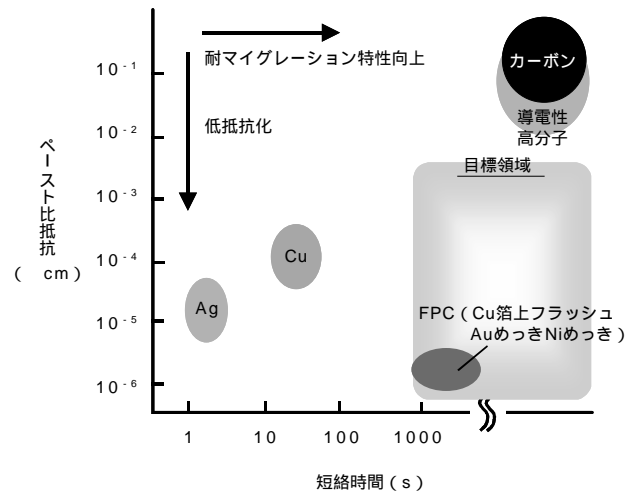


図4 耐マイグレーションペーストの開発目標概念
Fig. 4. Concept of migration-proof conductive paste.
低減を目指した。コアの異なる金めっき粒子を製作し、樹

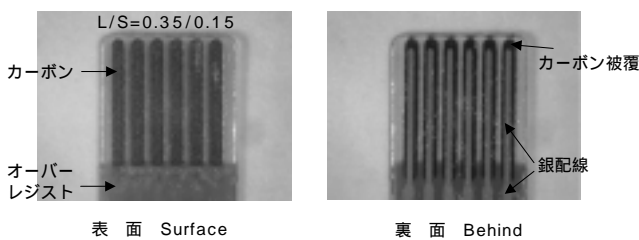


図3 0.5mmピッチ対応コネクタメンブレン配線板
Fig. 3. Migration-proof membrane circuits for 0.5 mm pitch connector.

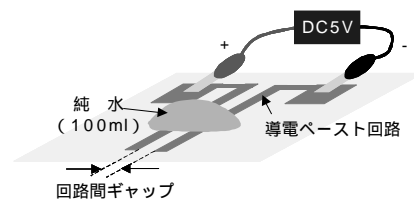


図5 ウォータードロップ試験の概略
Fig. 5. Exposition of water-drop test by illustration.

脂と混練することで各種導電ペーストを作製した。ニッケルをコアとして用いた金めっき粒子を用いた導電ペーストにおいて、金めっきをかける条件やめっき厚、めっき後の粒子の凝集状態、粒度分布、樹脂との配合比などを最適化することで、図7に示すような 10^{-3} cm前半の導電ペーストの作製に成功した。めっき量に関しては材料コストを考慮し、図8の外観状態のような導電性が損なわれない程度に最適量を決定した。

3.3 コネクタ挿抜性

コネクタ嵌合部に用いる導電回路は、繰り返しコネクタ挿抜においてコネクタの針で回路が削られたりするなどの問題が生じることがある。挿抜性の向上には導電回路の樹脂成分の適正化が必要になる。表2は種々樹脂を変更した

ときの導電回路抵抗値、密着性および硬度を評価した結果で、適正な樹脂を用いることで仕様を満足する特性が得られた。今回評価した材料では、熱硬化性樹脂が熱可塑性樹脂に比べて優れていた。

開発ペーストを用いて0.3mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板を試作し、その評価を行った。嵌合部は図9に示す構造とした。挿抜試験を行ったところ、図10のように挿抜回数とともに嵌合部抵抗値の上昇が認められた。抵抗上昇箇所を調査した結果、コネクタ挿抜によって100 μm幅の回路部にクラックが見つかり、これが原因で抵抗値が上昇することがわかった。導電ペーストにより形成した導電回路の曲げ性は、一般的に使用する導電粒子の形状が影響すると言われている。そこで曲げ性に優れる鱗片状導電

表1 メンブレンコネクタ回路に求められる特性
Table 1. Properties required for membrane connector circuit.

項目		試験条件(規格等)	要求特性	
外観			外形および性能上有害な反り、浮き等が無いこと 体裁面にヒケ、ウェルド、汚れ、傷、印刷ムラなど無いこと	
電気的特性	電気抵抗		非パワーデバイス(スイッチなど):50 以下 パワーデバイス(LEDなど):1 以下	
	耐電圧	端子相互間にAC100V, 感度電流2mAを1分間印加	電圧印加中に損傷、アーク、絶縁破損等が無いこと	
	絶縁抵抗	DC 100V 1分間印加後、測定する	隣接回路間抵抗値が10M 以上であること	
信頼性試験	温度湿度特性	耐熱性	80 x500h	外観に異常無いこと、抵抗変化無いこと、剥離無いこと
		耐湿性	40 95%RHx500h	
		耐湿熱性	60 95%RHx500h	
		熱サイクル	80 x1h -40 x1h 400サイクル (温度変化速度120 /h)	
	熱衝撃	-40 x2h 80 x2h 50サイクル		
嵌合性	挿抜耐久性	フレキと基板側コネクタとを、無負荷状態で10回/分の速さで20回の挿抜を繰り返す	外観に異常無いこと、抵抗変化無いこと、剥離無いこと、 試験前後に耐電圧試験、絶縁抵抗測定、接触抵抗測定を行い異常無いこと	
マイグレーション試験		60 95%RHx500h (近年は1,000hヘシフト)	試験後DC 100Vを1分間印加した後の絶縁抵抗が10M 以上であること その他抵抗変化無いこと、剥離無いこと	

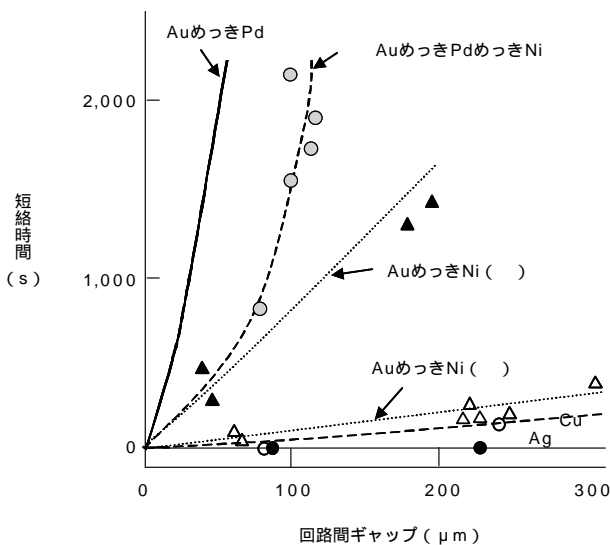


図6 ウォータードロップ試験による耐マイグレーション性の比較
Fig. 6. Comparison of migration property by water-drop test.

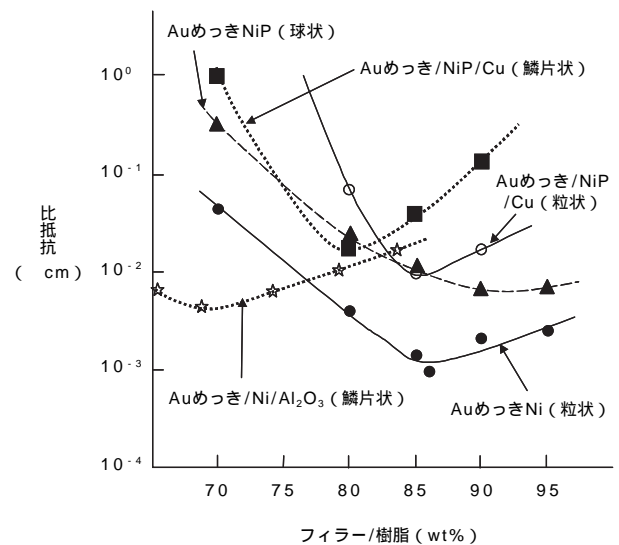


図7 Auめっき粒子を用いた導電ペーストの配合比と比抵抗の関係
Fig. 7. Relation between compounding ratio of Au plated particles to polymer matrix and specific resistance.

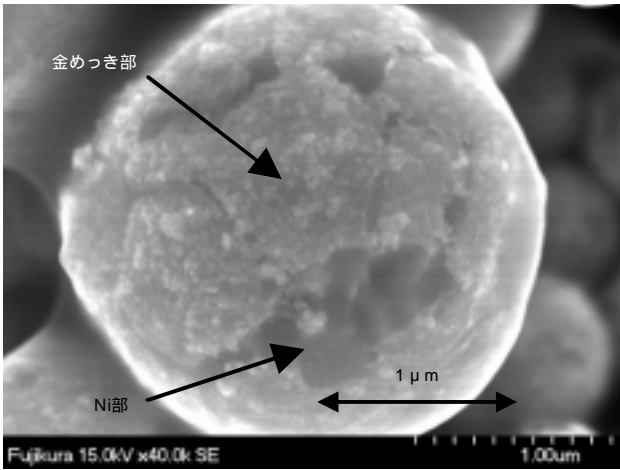


図8 AuめっきNi粒子のめっきの付き方
Fig. 8. FE-SEM images of particle Au plated Ni particle.

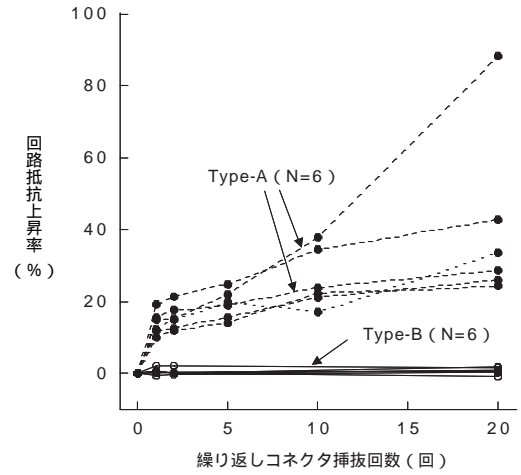


図10 コネクタ挿抜試験と抵抗値変化
Fig. 10. Circuit resistance change after mating reliability in connecting.

表2 導電材料樹脂成分と諸特性との関係
Table 2. Relation between polymer matrix and properties of conductive paste.

樹脂		比抵抗	テープ剥離	鉛筆硬度
樹脂タイプ	樹脂番号	(cm)		
熱硬化性樹脂	樹脂A	8.0×10^{-4}	あり	9H
	樹脂B	1.5×10^{-3}	なし	9H
	樹脂C	4.1×10^{-3}	なし	4H
	樹脂D	1.3×10^{-2}	なし	3H
熱可塑性樹脂	樹脂E	1.6×10^{-2}	なし	H
	樹脂F	2.0×10^{-2}	なし	HB
	樹脂G	2.8×10^{-2}	なし	2B
	樹脂H	5.2×10^{-2}	あり	6B以下

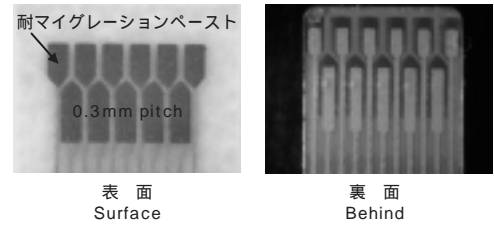


図11 タイプB構造の0.3mmピッチ対応コネクタメンブレン配線板

Fig. 11. Structure of type-B migration-proof membrane circuits for 0.3 mm pitch connector.

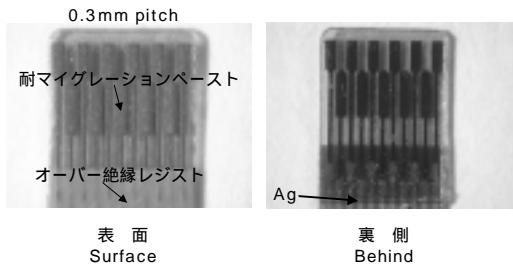


図9 タイプA構造の0.3mmピッチ対応コネクタメンブレン配線板

Fig. 9. Structure of type-A migration-proof membrane circuits for 0.3 mm pitch connector.

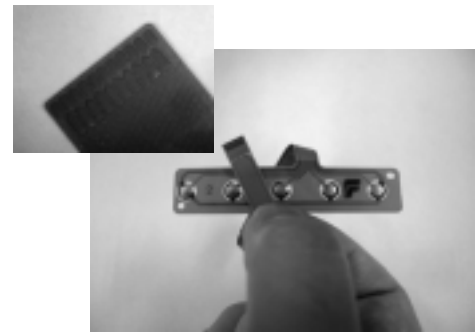


図12 メタルドームスイッチ内蔵0.3mmピッチ対応コネクタメンブレン配線板

Fig. 12. Migration-proof membrane circuits for 0.3 mm pitch connector mounting metal-dome switches.

粒子を用いた市販の導電ペーストにより100 μmほどの細かいラインを形成し、開発品と曲げ性を比較した。その結果、曲げ性に差がないことがわかり、材料の改善だけではコネクタ挿抜性の向上が困難であることがわかった。このため図11のような新規構造を考案し試作品を作製したところ、図10のように挿抜前後での抵抗値上昇がなくなり、各回路抵抗値ばらつきに関して大きな改善が見られた。この構造ではコネクタ挿抜試験におけるランド部の剥離や、挿抜によるマイグレーション性の低下などは確認されなかった。

3.4 信頼性

開発した耐マイグレーション導電ペーストと、新規構造を導入した0.3mmピッチコネクタ対応メンブレン配線板を試作し、各種信頼性評価を行った。60-95%RHの条件下で回路間にDC5Vを印加し続けたところ、銀ペーストや銀合金ペーストのものが120時間もたないのに対して、規格である500時間の2倍の1,000時間をクリアすることができた。試験後の抵抗値変動もなく安定した状態を保つことが確認できた。

このように、図11に示すような新規構造に金めっきニッケルペーストを導入することで、湿熱状態下でのマイグ

表 3 開発品の仕様

Table 3. Specification of developed migration-proof MB circuits for 0.3 mm pitch connector.

ピッチ	耐マイグレーションペースト	構造	電氣的信頼性		挿抜耐久性		信 頼 性 試 験						
			抵抗値	絶縁抵抗	剥離など	抵抗値上昇	耐熱性	耐寒性	耐湿性	熱サイクル	熱衝撃	耐湿熱	耐マイグレーション性
0.5mm	カーボンペースト	図3	1.5~5		なし	なし							
0.5mm	AuめっきNiペースト	図3	13~19		なし	なし							
0.3mm	カーボンペースト	図11	12~32		なし	なし							回路抵抗値上昇
0.3mm	AuめっきNiペースト	図11	2~7		なし	なし							
0.3mm	AuめっきNiペースト	図9	15~35		なし	30~100%UP							回路抵抗値上昇

各種試験条件は表1参照

は表1の条件をクリアしているものを示す

レーションやコネクタ挿抜時の状態変化などもなく良好な特性を示し、0.5mmピッチコネクタに要求される仕様と同等の特性を有するメンブレン配線板の開発に成功した(図12, 表3)。

4.むすび

本報では、0.3mmピッチコネクタへ対応可能なメンブレン配線板について紹介した。デジタル家電製品などの小型化に伴い、メンブレン配線板の市場において、0.3mmピッチの対応が必要な時代を迎えることが予測される。市場のニーズにこたえるべく0.3mmピッチコネクタへ対応可能なメンブレン配線板が実現できたことで、従来、適用困難であった小型商品に対しても、メンブレン配線板の特徴が受

け入れられ、さまざまな商品展開へとつながることを期待する。

参 考 文 献

- 1) 小野朗伸, 近藤奈穂子: 高導電銀ペーストを適用したメンブレン配線板, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 7, No. 6, pp.482-486, 2004
- 2) 英一太: ハイブリット回路用厚膜材料の開発, pp.164-166, 2000
- 3) 英一太: ハイブリット回路用厚膜材料の開発, pp.53-70, 2000
- 4) 唐沢ほか: 0.5mmピッチ仕様耐マイグレーションコネクタ回路, フジクラ技報, 第108号, pp.39-43, 2005