

0.5mmピッチ仕様耐マイグレーションコネクタ回路

電子電装開発センター 唐 沢 範 之*1・石 井 崇 裕*2・川 上 裕 之*1
羽 賀 荘 一*1・大 山 昌 紀*1
LTEC Ltd. 今 井 隆 之 ・腰 原 優 智

0.5mm Pitch Connector Migration-proof Membrane Circuit

N. Karasawa, T. Ishii, H. Kawakami, S. Haga, M. Oyama, T. Imai & M. Koshihara

当社ではチップ部品やコネクタを実装したメンブレンスイッチ、並びにメンブレンスイッチにボリュームや筐体などの機構部品を複合させたメンブレンスイッチモジュールを製造している。これらのモジュール製品が使用されているデジタル家電やノートパソコンの小型化が進む中、基板の回路の狭ピッチ化、実装部の小型化、さらに基板間接続用のコネクタの小型化が要求されている。また製品の携帯性は市場への普及をさらに加速させており、その結果、使用される環境は多様化してきている。

このように狭ピッチ回路を持つ製品では、結露が発生しやすい環境、たとえば屋外などでの使用にも耐えるよう、回路間のイオンマイグレーションの発生阻止が不可欠な仕様となってきている。

当社はこのような市場要求に対応すべく、導電性インク開発等の材料技術、ファインな印刷やプレス等の生産技術、さらに使用環境条件を再現させる評価技術を開発し、ユーザのさまざまな使用環境下でマイグレーションを抑制する0.5mmピッチコネクタ仕様耐マイグレーションメンブレンスイッチの製品化に成功した。

We have been producing membrane switches with chip or connector components, and hybridized membrane switches with various kind of mechanical parts as volumes and panels. Especially in small digital consumer electronics or mobile computer, it is required to miniaturize circuit pitch, mounting area size, and connector components for circuit boards interconnection. Moreover, downsizing and portability accelerate spreading these products into the market further, and also makes them used under various condition.

Therefore prevention of ionic migration between circuits is nowadays becoming a vital requirement for the circuit products, especially for that has fine circuit, because they have potential to be used under humid conditions in which dew condensation can be easily generated.

To satisfy this requirement, we have developed the material technology of conductive paste, process technology of fine printing and blanking, and materials evaluation technology which re-create the actual environments. Herewith we have succeeded to commercialize and started to manufacture the membrane switch with 0.5mm pitch circuits that can prevent ionic migration.

1. ま え が き

デジタルビデオカメラ（DVC）やデジタルスチルカメラ（DSC）に代表されるデジタル家電や携帯電話用のメンブレンスイッチ（以下MBSW）においては、抵抗、LEDなどのチップ部品、コネクタ、スライドスイッチ、マイクなどの異形部品実装、液晶ディスプレイや透明タッチパネルとの接続、スライドボリューム、プッシュスイッチ、サポート板金、筐体などの機構部品と複合化（モジュール化）することなどが要求される。

当社でははんだを使わない低温プロセスにて、MBSW

に部品を実装、複合化する技術を確立しており^{1) 2) 3)}、上記の用途以外にもパソコンキーボード用、電子レンジ用のMBSWに広く展開している。MBSW上への部品実装に関しては、導電性接着剤と封止樹脂を用いて、強度、信頼性が高い実装構造を、対環境負荷が低い実装工程にて実現している²⁾。また、MBSWと透明タッチパネルを異方性導電材料により接続、複合化した製品を電子レンジの操作パネル用として上市している³⁾。

製品サイズの小型化が進むDVCやDSCにおいては、これらに使用されるMBSWも小型化が要求されており、その結果コネクタ嵌合パターン部における回路は0.5mmピッチが主流となっている。MBSWには導電回路の導体として銀が使用されるため、コネクタ嵌合部などの回路が露出する部位ではイオンマイグレーションの発生が懸念され

*1 回路技術開発部

*2 回路技術開発部グループ長

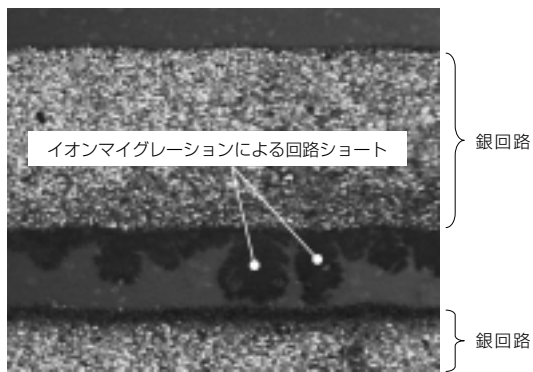


図1 銀露出回路のイオンマイグレーション発生
Ionic migration generation of Ag exposure circuit

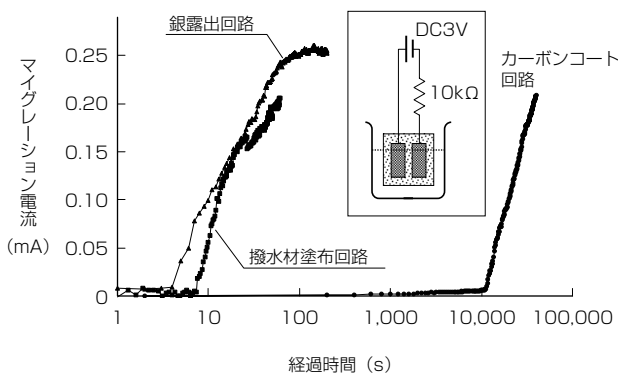


図2 マイグレーション電流の変化
(導体幅: 0.35mm, 導体間隔: 0.15mm)
Electric current during migration experiment
(line/space = 0.35mm/0.15mm)

る。したがってDVC, DSCなどのデジタル家電が普及するユビキタス社会においては、あらゆる使用環境においても製品の機能を維持させるため、イオンマイグレーションの防止が極めて重要な課題である。当社は特殊カーボンインク開発、高精度重ね印刷/外形加工技術を開発し、0.5mmピッチ回路へのカーボンコートによりイオンマイグレーションの抑制に成功したので以下にこれを報告する。

2. カーボンのマイグレーション抑制効果

MBSWにおけるイオンマイグレーションとは、電位差が発生している隣接回路間において、結露などが原因となる凝集水が回路どうしをブリッジさせた場合に、高電位側(アノード側)から溶出した銀イオンが低電位側(カソード側)へ析出することにより、やがて回路間ショートに至るというものである。

吉原は水晶振動子マイクロバランス法により、イオンマイグレーションによる銀の析出が数100秒で発生することを確認した⁴⁾。当社の実験でも銀が露出した回路では、イオンマイグレーションが容易に発生することが確認されている。(図1) 図2は導体幅0.35mm, 導体間隔0.15mmの回路に3Vの直流電圧を印加した状態で水没させた強制マイグレーション試験の結果である。このような極めて過酷

な実験でも、銀露出回路では短時間でマイグレーション電流が流れ始めるのに対し、カーボンをオーバーコートすることによりマイグレーション発生までの時間を大幅に遅延させることができる。これは、カーボンオーバーコート層の存在が、銀回路への水の到達、銀のアノード溶解、銀イオンのカソード析出などの各過程を妨げているためであると考えられる。

参考として図2内に銀回路に撥水性を発揮する材料をコーティングした場合の実験結果も示したが、銀露出の場合とあまり変わらないことがわかる。

3. 開発のポイント

耐マイグレーション性を有する0.5mmピッチのカーボンコート回路の開発は、次の3点がポイントとなる。

- (1) 材料面; ファイン印刷性に優れ低接続抵抗が実現可能な新規カーボンインク
 - (2) 工法面; 高精度重ね印刷や高精度加工および検査
 - (3) 耐マイグレーション性を的確に判定できる評価技術
- 以下にそれらの開発結果の概要を述べる。

4. カーボンインクの開発

オーバーコート用のカーボンインクには、一般的な導電インクの特性に加え、その他いくつかの性能が要求される。銀イオンの溶出を抑制するため、基材との密着性が良好で、塗膜には微細なピンホールの発生があってはならない。また下地の銀回路を確実にコートすると同時に回路間のギャップを適切に保持できるようなファイン印刷性を有し、かつコネクタの繰り返し挿抜に耐えるだけの塗膜硬度と表面平滑性も持っていなければならない。さらにはコネクタとの接続抵抗、すなわちコネクタの構成部品で、回路とのコンタクトの役割を果たすコネクタピンと回路間との接触抵抗が低く、かつあらゆる環境下においても変動しないことが要求される。当社はフィラおよびバインダの特殊配合により、接触抵抗が接触圧力に左右されにくいオーバーコート用カーボンインクを開発した。接触抵抗が低く安定していることは、電気信号の安定化あるいは電池の長寿命化などのメリットを生むことが予想される。図3は接触圧力と接触抵抗値の関係を示すグラフである。またその他の代表特性を表1に示した。

5. 工 法 開 発

5.1 印刷工法

コネクタとの接続抵抗の上昇を防ぐため、下地の銀回路はコネクタピンの直下に配置されるよう、十分な大きさの回路幅を持っていないといけない。またカーボン塗膜は銀回路をはみ出すことなく完全に覆いつつ、隣接回路とのギャップを確実に保持しなければならない。この2つの条件を両立させるため、回路に対するコネクタピン嵌合状態

をシミュレーションし、下地銀回路幅0.15mm，オーバーコートカーボン回路幅0.35mmを最適寸法として算出した。このパターン寸法では、±0.1mmの高精度な銀/カーボン合わせ印刷技術と、銀回路幅0.15mmの細線印刷技術が要

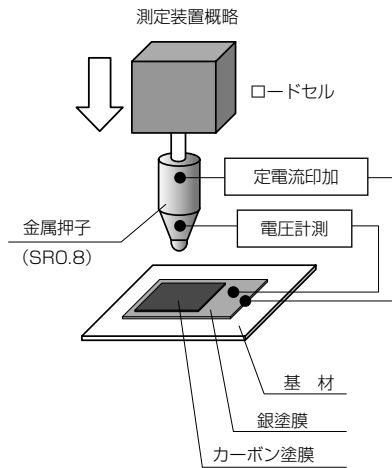
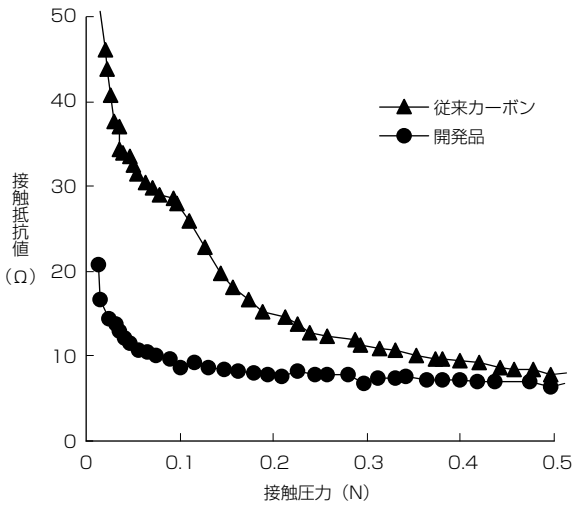


図3 各カーボンインクの接触圧力-接触抵抗特性
Relation between contact pressure and contact resistance of carbon ink

表1 オーバーコート用カーボンインクの性能
Performance of carbon-coated circuit

| No. | 項目 | 内容 | 備考 |
|-----|------------|--|-------------------------|
| 1 | 基材との密着性 | はがれなし | JIS K5600-5-6 (クロスカット法) |
| 2 | 銀インクとの密着性 | はがれなし | 同上 |
| 3 | 耐コネクタ挿抜性 | 挿抜耐久10回以上 | ZIFタイプコネクタ使用時 |
| 4 | コネクタとの接続抵抗 | 5Ω以下 | |
| 5 | 耐マイグレーション性 | 60℃95%RH DC5V×240H | |
| 6 | 耐折性 | 折り曲げ不可 | |
| 7 | 耐熱性 | 70℃×240H | |
| 8 | 耐寒性 | -30℃×240H | |
| 9 | 耐湿熱性 | 60℃95%RH×500H | |
| 10 | 耐熱衝撃性 | -40℃-1H⇔80℃-1H× 50cycle | |
| 11 | 耐硫化性 | 40℃95% H ₂ S : 3ppm×100H | |

注) 2)~11)は銀インク上へのコーティング状態での性能を示す。

求される。スクリーンの材料およびその製造技術から、基材であるPETフィルムの熱処理条件、印刷条件までの多岐にわたる技術開発によりこれを実現した。

5.2 プレス工法

また高精度外形加工技術の要求に対して、高精度な打ち抜き加工が可能なプレス設備を新規開発・導入した。この設備の特徴は、画像認識による高精度な打ち抜き加工ができるのに加え、加工後の打ち抜き精度を瞬時に画像認識より測定・判定し、規定値を超える加工ズレが発生したサンプルを排除できる機能を装備したところにある。さらに銀/カーボンの印刷精度も同時に計測できる機能も織り込み、規定値を越える印刷ズレが発生したサンプルもまた排除できる仕様とした。図4はこのプレス設備の動作ステップを示している。この設備の開発により、±0.03mmの加工精度を得ることに成功した。

6. 信頼性評価

6.1 耐マイグレーション性

図2に示した試験方法は、銀露出に対するカーボンコートの優位性を検証するための超加速評価方法である。実際のフィールドでのカーボンコートの性能を把握するため、サンプルに強制結露を発生させる装置を開発した。本装置は湿度コントロール下の雰囲気中で、試験片の温度をプログラマブルに変化させることにより、試験片上に安定した結露状態を再現することができる。この結露試験により市場を想定した性能確認を行った結果、図5に示すように高い耐マイグレーション性を有することが確認できた。

6.2 接続安定性

本開発品のようなコネクタ嵌合パターンを2層の導電塗膜で形成する場合、印刷や外形加工のズレがある値以上に発生すると、回路とコネクタピン間の接続抵抗の上昇およ

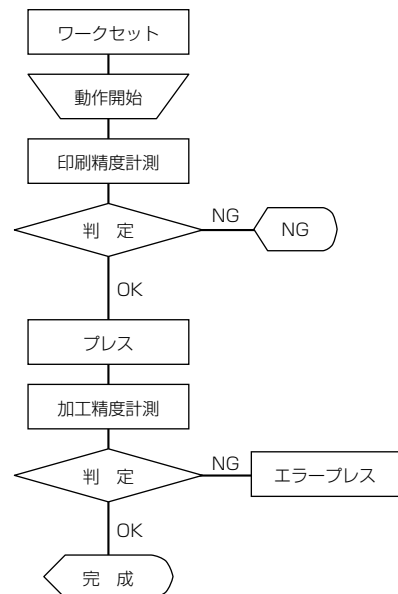


図4 高精度プレス設備の動作ステップ
Operation step of fine press equipment

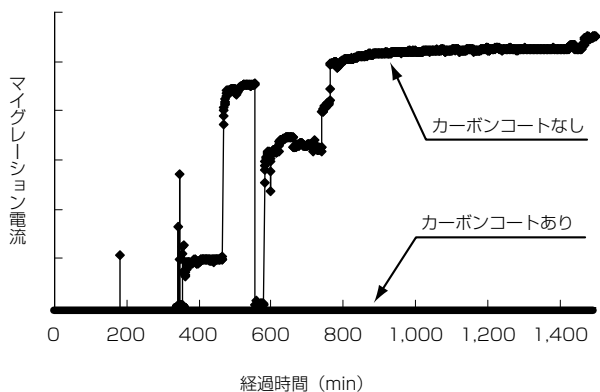


図 5 コネクタ回路の結露試験による耐マイグレーション性能
Migration-proof performance of connector circuit evaluated by dew condensation test

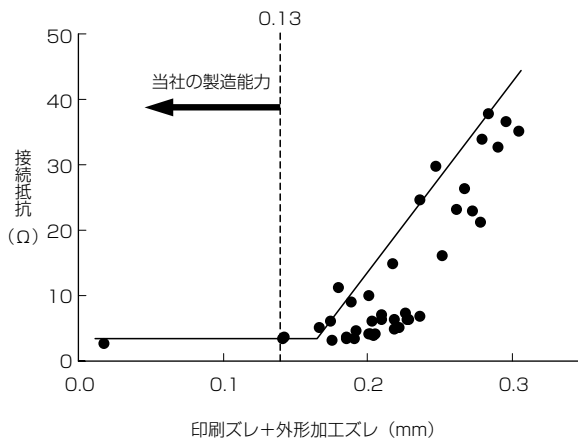


図 6 製造ズレと接続抵抗値の相関
Relation between production mis-position and connecting resistance

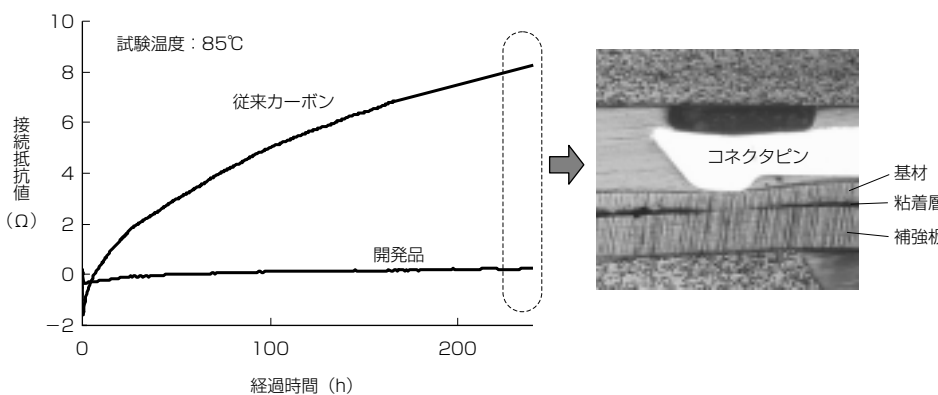


図 7 高温下での接続抵抗値の変化
Variation of connection resistance under high temperature environment

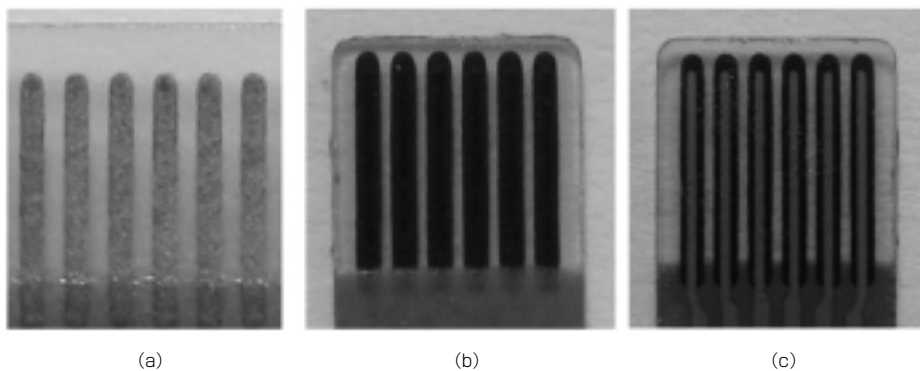


図 8 0.5mmピッチコネクタ嵌合回路
(a) 従来品, (b) 開発品 (表から), (c) 開発品 (裏から)
0.5mm pitch connector circuit
(a) previous product, (b) new product (from the surface), (c) new product (from the back)

びコネクタピンと隣接回路との短絡が発生する。図6は故意に作製した印刷精度と外形加工精度の悪いサンプルを使用した際の、回路とコネクタ間の接続抵抗を測定した結果を示すものである。5節で述べたとおり、当社の製造ラインでは印刷ズレが±0.1mm以下、外形加工ズレが±0.03mm以下を維持できるので、横軸に設定した「印刷ズレ+外形加工ズレ」は最大でも0.13mmであり、コネクタ

嵌合部での接続抵抗上昇の心配がない。また本開発品のコネクタピンとの接触抵抗値は3~5Ω程度と、銀露出回路に比較し高いが、入力デバイス用途としては問題ないレベルである。

図7は高温下での回路とコネクタピンとの接続抵抗の変化を示すグラフである。接続抵抗上昇の主な原因は、熱により補強版の粘着層がへたり、基板の総厚が減少し、その

結果としてコネクタピンの接触圧力が低下するからである。(図7写真参照)本開発品は、4節で述べたとおり、接触圧力の低下による接続抵抗への影響を少なくした材料を開発・採用したので、高温下でも安定した接続抵抗を得ることに成功している。

7. む す び

以上述べたように、材料および工法の開発により耐マイグレーション性を有する0.5mmピッチコネクタ嵌合回路を開発した。(図8)また自社開発した結露試験設備により、耐マイグレーション性能の有効性を確認することができた。本回路は、すでにすべての0.5mmピッチコネクタ嵌合回路を有する製品に採用され、市場でその性能を実証している。

今後コネクタパターンはさらに0.3mmへ狭ピッチ化されると考えられる。現在それに備え次世代の印刷回路製品を開発中である。

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) 元木ほか：実装メンブレンスイッチ，フジクラ技報，第99号，pp.78-81，2000
- 3) 元木ほか：異方性導電材料接続，フジクラ技報，第99号，pp.32-38，2000
- 4) 吉原：プリント回路上のイオンマイグレーションのQCMによる評価，表面技術，Vol.49，No.11，1998