

超ファインメンブレン配線板

機能モジュール開発部 鳥井 純一¹・小清水 和敏¹・小野 朗伸³
Fujikura America Inc. 今井 隆之²
機能モジュール技術部 羽生 伸治⁴
Fujikura Electronics (Thailand) Ltd. 大山 昌紀⁵
設備技術部 飯塚 裕⁶・堀野 成次⁷
株式会社青森フジクラ金矢 八木 橋亮⁸
藤倉化成株式会社 笹村 悟⁹

Super fine membrane circuit board

J. Torii, T. Imai, K. Koshimizu, A. Ono, S. Habu, M. Oyama, H. Iizuka, S. Horino,
R. Yagihashi, and S. Sasamura

スクリーン印刷の限界を超えた超ファイン回路の印刷を実現する手法として、グラビアオフセット印刷技術を開発し、 $L/S=30\ \mu\text{m}/30\ \mu\text{m}$ レベルの超ファインメンブレン配線板を実現した。静電容量型タッチパネルの周辺引き回し配線や、微細銀メッシュパターンによる透明電極形成などへの応用が期待される。本稿では、印刷技術とメンブレン配線板の特性について報告する。

We have developed a gravure-offset printing technology to achieve a finer circuit width than a screen printed one. We successfully produced a super fine membrane circuit board of $L/S\ 30\ \mu\text{m}$. This product is promising for uses as a capacitance touch panel with peripheral routing traces or transparent electrode with fine Ag mesh traces. In this paper, we report the printing technology and the properties of the membrane circuit board.

1. ま え が き

メンブレン配線板は、ポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate, 以下PETと記す) フィルム上に銀ペーストなどをスクリーン印刷法で回路形成することで製造される。メンブレン配線板は製造工程がシンプルで低コストであることから、デジタル家電製品をはじめとする電子機器に広く採用されている。近年の電子機器の小型化・高機能化にともない、メンブレン配線板にも回路の高密度化要求が高まっている。当社ではこの要求に応えるため、ライン&スペース (Line And Space, 以下L/Sと記す) $30\ \mu\text{m}/30\ \mu\text{m}$ の配線の超ファインメンブレン配線板を実用化すべく、新たなファイン印刷技術の開発に着手した (図 1)。本稿では、印刷機と専用の銀

ペーストの開発経緯を説明し、実用化した超ファインメンブレン配線板の特性、期待される用途について紹介する。

2. 印 刷 技 術

2. 1 印刷技術の開発

スクリーン印刷法は、フォトリソグラフィ法に比べ製造工程が少なく低コストであることから、電子部品製造

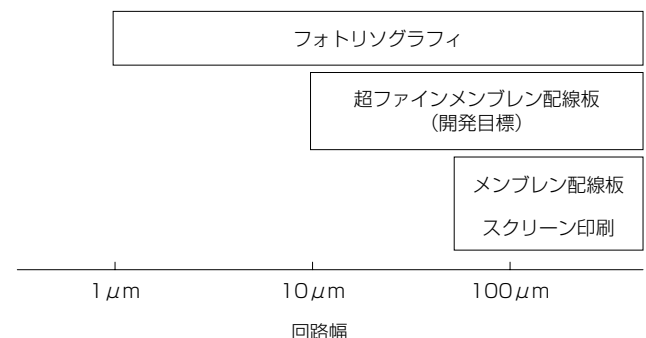


図1 超ファインメンブレン配線板の開発目標概念図
Fig. 1. Concept of super fine membrane circuit board.

1 機能モジュール開発部
2 Fujikura America Inc.
3 機能モジュール開発部グループ長
4 機能モジュール技術部主席技術員
5 Department Manager of Fujikura Electronics (Thailand) Ltd.
6 設備技術部主査
7 設備技術部係長
8 機能部品課
9 電子材料事業部

に広く用いられている。しかし、ペーストがスクリーンメッシュ開口部を通過して基材に印刷されるため、スクリーンメッシュの線径などの制約により印刷線幅のファイン化には限界がある。そのため、現在の最小回路ピッチは、量産レベルで $L/S=75\mu\text{m}/75\mu\text{m}$ 程度となっている(図2)。筆者らは、この限界を打ち破るため、スクリーン印刷と同等の高い生産性と、フォトリソグラフィ法に匹敵するファインライン形成能力を有する新たなファイン印刷技術を開発することとした。

ファイン印刷技術としては、フレキシ印刷、グラビア印刷、オフセット印刷、グラビアオフセット印刷、インクジェット印刷が注目されている¹⁾。メンブレン配線板は、回路が厚膜で抵抗が低いこと、他の電子部品との接続や筐体への組み込みに問題が出ないように、高い寸法精度を持つことなどが求められる。これらに対し優位性を持つグラビアオフセット印刷技術を選定した(図3)。

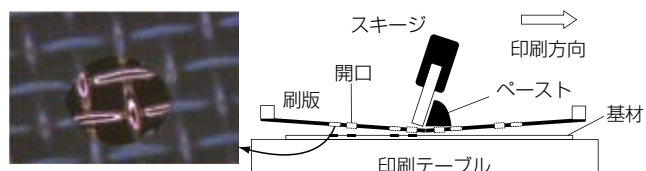


図2 スクリーン印刷機構とスクリーンメッシュ外観
Fig. 2. Mechanism of screen printing and appearance of screen mesh.

方法	機構	膜厚(μm)	パターン幅(μm)	生産速度(m/min)
孔版印刷(スクリーン印刷)		5~100	75~	中速~70
凸版印刷(フレキシ印刷)		<1	45~100	高速~500
凹版印刷(グラビア印刷)		~1	10~50	高速~1000
平版印刷(オフセット印刷)		~数十	10~	中~高速~1000
グラビアオフセット印刷	グラビア印刷とオフセット印刷の混合(図4)	~3	10~	中~高速~1000
インクジェット印刷		~1	30~50(静電吐出:~1)	遅い(連続タイプで~10)

図3 印刷技術の比較
Fig. 3. Comparison of printing technologies.

グラビアオフセット印刷は、グラビア印刷とオフセット印刷の利点を組み合わせた印刷技術で、グラビア版に由来する高い寸法精度を持ちながら、オフセット印刷による滲みの少ないシャープな印刷が可能と言われている。印刷は以下の機構で行われる(図4)。

- ① 充填：ドクターブレードにより、グラビア版の溝にペーストを供給する。
- ② 受理：ブランケットとグラビア版を接触させ、ペーストをブランケットに受理させる。
- ③ 転写：基材とブランケットを接触させ、ペーストを基材に印刷する。

グラビアオフセット印刷では、弾性体であるブランケットがグラビア版の溝内に入り込みペーストと接触することで、溝内の高粘度ペーストを十分な量ブランケットに受理させることができる²⁾。このため、精細なパターンを比較的大きな膜厚で基材上に形成することができる。また非常に平滑なブランケット表面から100%転写されて印刷されたパターンは、設計された電気特性を得るのに適した、矩形に近い断面形状となる。

当社ではメンブレン配線板に求められる寸法精度や生産性を実現するため、印刷機メーカーと協力し、高い機械精度を持つグラビアオフセット印刷機を実用化した。

2.2 グラビアオフセット印刷用銀ペーストの開発

$L/S=30\mu\text{m}/30\mu\text{m}$ の配線が印刷可能なグラビアオフセット印刷用銀ペーストは、材料メーカーと共同で新たに開発した。充填、受理、転写が良好に行われるために、銀ペーストには、それぞれ以下のような異なる特性が求められる。

- ① 充填：グラビア版の溝に十分な量を充填させるための粘性(流動性)。
- ② 受理：ブランケットに付着させるための粘性と、十分な量を受理するための凝集力(弾性率)の両立。
- ③ 転写：基材に付着させるための粘性と、ブランケット上の銀ペーストが全て基材に転写されるための高い凝集力の両立。

そこで筆者らは、銀ペーストのバインダ樹脂の種類と分子量、導電銀フィラーの形状と配合量を最適化した。また、充填時のドクタリングにより銀ペーストに高せん断速度を与えた場合には、効果的に低粘度化し高い流動性を出現し、また転写時などペーストに与えるせん断速度が低い場合には、高い弾性率(凝集力)を示すように

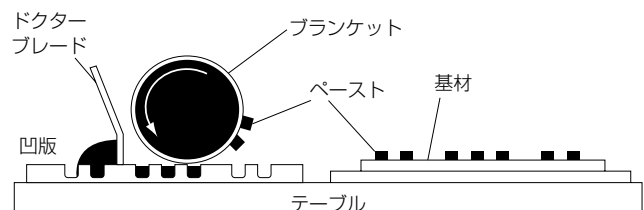


図4 グラビアオフセット印刷機構
Fig. 4. Mechanism of gravure-offset printing.

銀ペーストのレオロジーを調整した (図 5). さらに, 銀ペーストに含まれる溶剤成分の揮発性とブランケットへの吸収量を調整し, 転写に必要な粘性を維持できるように工夫した. その結果, ピンホールや断線のないL/S=30 μm/30 μmピッチ配線の安定した印刷形成が可能となった (図 6, 表 1).

3. 応用製品

開発したグラビアオフセット印刷技術を用いることで, 超ファインメンブレン配線板の量産が可能となった. 以下, 応用製品について紹介する.

3. 1 超ファインメンブレン配線板

近年, タッチパネルを搭載したスマートフォンやタブレット端末の普及が進んでいる. 現在主流となっているのは静電容量式タッチパネルであり, マルチタッチ入力やジェスチャ入力など高機能を実現するために高い検出感度が要求されている. センサとなる電極数が増えるため, 制御ICへとつなげる引出し配線本数が多い. この引出し配線領域は額縁部の裏側に隠されるが, ディスプレイの大面积化やデザイン性などが重視され, 額縁部の面積をできるだけ減らす方向に進んでいるため, 引出し配線の狭ピッチ化がよりいっそう求められている. 現在

引出し配線の形成技術としては, 微細配線化できる優位性を持つフォトリソグラフィ法が主流であるが, ここにグラビアオフセット印刷で形成する超ファインメンブレン配線板の応用を考えている (図 7). 当社は, ITO (Indium Tin Oxide) 膜へ密着する低抵抗なL/S=30 μm/30 μmの配線を安定して形成できることから, 市場要求に応えられる (表 2). また, 配線は耐折り曲げ性も備えるため, 基板の屈曲を必要とする部分にも配線を一

表1 開発した銀ペーストの特性
Table 1. Performance of developed Ag paste.

		項目	開発銀ペースト
印刷性		回路幅 (μm)	20 ~
		膜厚 (μm)	1.5 ~ 2.5
性能 (160℃乾燥)	導電性 (Ωcm)		4.0×10 ⁻⁵
	折り曲げ性	オーバーレジストなし	R = 0.5 mm外曲げOK
		オーバーレジストあり	R = 0.5 mm外曲げOK
	密着性	未処理PETフィルム	OK
		ITO/PET	OK
	鉛筆硬度	20 μm配線	F
		30 μm配線	H
絶縁抵抗 (Ω)		1.0×10 ⁹ ~ 1.0×10 ¹¹	
マイグレーション		OK	

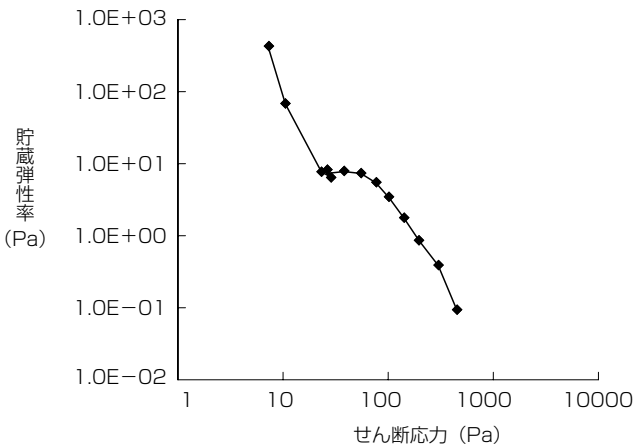


図5 開発した銀ペーストの粘弾性
Fig. 5. Viscoelasticity of developed Ag paste.

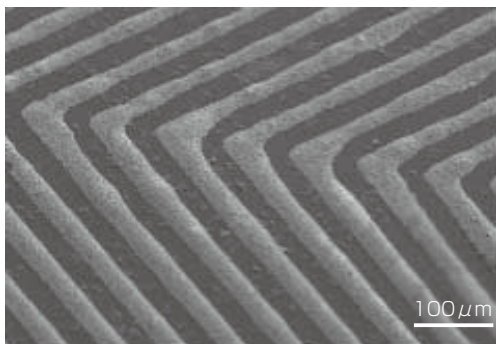


図6 L/S = 30 μm / 30 μmの印刷回路
Fig. 6. A super fine membrane circuit of L/S 30 μm.

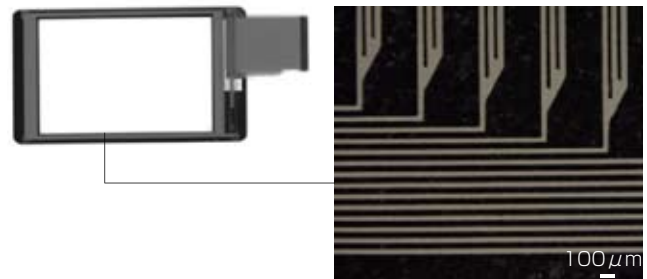


図7 タッチパネル用額縁配線 (L/S = 30 μm / 30 μm)
Fig. 7. Traces of a bezel for capacitance touch panel.

表2 タッチパネル用額縁配線の特性
Table 2. Performance of traces of a bezel for capacitance touch panel.

		項目	要求性能	超ファインメンブレン配線
印刷性		L/S (μm)	~ 50 / 50	30 / 30 ~ 75 / 75
		膜厚 (μm)	-	1.5 ~ 2.5
		シート抵抗 (Ω/□)	~ 0.50	0.15 ~ 0.30
性能 (160℃乾燥)	折り曲げ性	オーバーレジストなし	-	R = 0.5 mm外曲げOK
		オーバーレジストあり	-	R = 0.5 mm外曲げOK
密着性	未処理PETフィルム	OK	OK	
	ITO/PET	OK	OK	
鉛筆硬度	30 μm配線	-	H	
		絶縁抵抗 (Ω)	-	1.0×10 ⁹ ~ 1.0×10 ¹¹
		マイグレーション	OK	OK

体形成することが可能であるなど、コスト面でも有利と考えている。

3. 2 微細銀メッシュパターン透明電極

タッチパネルの透明電極には、ITOのエッチングパターンが主に使用されている。しかしITOは材料コストが高く、また、低抵抗値が要求される12～20 inch程度の大面积タッチパネルには不向きである。このITOの代替として、グラビアオフセット印刷で形成する微細銀メッシュ電極を応用することができる。微細な配線をメッシュ状に印刷することで、配線間の非印刷領域での光の透過により透明と認識される(図8)。当社ではL/P=20 μm/1000 μmの微細銀メッシュ透明電極において、85%以上の透過率を有しつつITO透明電極よりも低い50 Ω/□以下のシート抵抗を達成している(図9、表3)。さらに微細銀メッシュ電極と周辺のL/S=30 μm/30 μm引出し配線部は、同じ銀ペーストを使用して同時形成が可能であるため、製造工程を簡略化できることが大きなメリットである。微細銀メッシュ透明電極は、メッシュ配線幅と配線間距離から透過率およびシート抵抗が計算できるため、ニーズに合わせた透明電極の設計を提案できることも強みであると考えている。

4. む す び

グラビアオフセット印刷技術を用いて製造したメンブレン配線板は、コスト的なメリットを利用して、小型化・高機能化要求の厳しい電子機器における用途を広げられると考えている。現在、さらにファインな線幅7 μm配線形成技術の開発を進めており、適用商品の分野もさらに大きく広がるものと期待している。

参 考 文 献

- 1) 菅沼克昭ほか：プリントド・エレクトロニクス技術，株式会社工業調査会，P. 26-47，2009
- 2) 坂田大ほか：「プリントドエレクトロニクス グラビアオフセットの応用」，印刷雑誌，Vol. 96，P. 17-22，2013
- 3) 佐野康：高品質スクリーン印刷ガイド，株式会社エスピーソリューション，P. 86-91，2007



図8 透明電極用微細銀メッシュパターン外観
Fig. 8. Appearance of fine Ag mesh traces for transparent electrode.



図9 透明電極用微細銀メッシュパターン
(L/P = 20 μm / 1000 μm)
Fig. 9. Fine Ag mesh traces for transparent electrode.

表3 透明電極用微細銀メッシュパターンの特性
Table 3. Performance of fine Ag mesh traces for transparent electrode.

項目	既存のITO電極	微細銀メッシュ電極 (L/P = 20 μm / 1000 μm)
抵抗値 (Ω/□)	150	35
透過率 (%)	>90	89.4
成膜法	コーティング	グラビアオフセット印刷
回路形成法	エッチング	