

# メンブレンスイッチモジュール

電子部品開発センタ 今井隆之\*1・石井崇裕\*2・羽賀荘一\*1・唐沢範之\*1  
大森喜和子\*1  
プリント回路事業部 川上裕之\*3・佐々木信行\*4  
L T E C L t d. 腰原優智

## Membrane Switch Modules

T . Imai , T . Ishii , S . Haga , N . Karasawa , K . Ohmori , H . Kawakami ,  
N . Sasaki & M . Koshihara

当社では、抵抗、コンデンサチップやICを実装したメンブレンスイッチ、透明タッチパネルと接続、複合化したメンブレンスイッチを製造、販売している。さらに、近年になって、スイッチ、ボリューム、筐体などの機構部品とメンブレンスイッチを複合化する要求が強まってきた。このようにモジュール化を進めることは、最終セットメーカーの組立工数を削減できること、当社製品の付加価値が向上することのみならず、配線板レベルの設計をベースに機器設計を最適化することができるので、最終機器のコストダウン、小型化に貢献が大きい。

このような流れに対応すべく、各種要素技術を開発し、メンブレンスイッチと機構部品を複合化したメンブレンスイッチモジュールの製品化に成功した。

We have been producing membrane switches with C/R chips and IC's mounted and those connected with transparent touch-panels. Recently, it is required to combine membrane switches with various kinds of mechanical parts as switches, volumes and panels. These modules enable our customers to reduce the assembly labor and they add new values and functions to our products. Furthermore, the size and the cost of final products can be minimized, because we can optimize the modules from the viewpoint of wiring board level.

We aimed to satisfy these demands and have succeeded developing various new technologies and start manufacturing membrane switch modules.

### 1. ま え が き

ポータブルAV機器用や携帯電話用のメンブレンスイッチ(MBSW)において、抵抗、コンデンサ、LEDなどのチップ部品、パッケージICやコネクタ、ブザーなどの異形部品を実装したり、液晶ディスプレイ、透明タッチパネルと接続したり、機構部品を複合化することが要求される。

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<sup>1) 2)</sup> <sup>3)</sup>、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

で実現している<sup>2)</sup>。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<sup>3)</sup>。

さらに、スライドスイッチ/ボリューム、ロータリースイッチ/ボリューム、キースイッチ、プッシュスイッチ、筐体などの機構部品とMBSWを複合化することに関しても要求が増えている。本報では、機構部品とMBSWを複合化した製品をMBSWモジュールと称する。機構部品とMBSWの複合化(モジュール化)により、最終機器のセットメーカーでの組立工程を大幅に簡略化できるのはもちろん、配線板レベルからみて個々の機構部品を最適配置した部品ユニットを提供できるため、トータルとしての機器の設計時間や組立時間を削減でき、最終機器の小型化、軽量化に貢献できると考えられる。

また、MBSWは安価で可とう性に優れている上、抵抗素子や接点などの機能性素子をスクリーン印刷技術により容易に形成できるなど機能設計の応用度が高い。モジ

\*1 プリント回路開発部

\*2 プリント回路開発部グループ長

\*3 機構部品技術部主管部員

\*4 機構部品技術部

ジュール化はこのようなMBSWのメリットを最大限に生かした複合部品であるといえる。

このような要求にこたえるべく、当社はMBSWモジュールを開発し、ポータブルAV機器用として製品化した。本報では、MBSWモジュールの具体的な要素技術を中心に、この開発について紹介する。

## 2. MBSWモジュールの要素技術

図1はMBSWモジュールの製品例である。図1に示すように、MBSWモジュールは数々の要素技術からなる。これら要素技術の開発について以下に説明する。

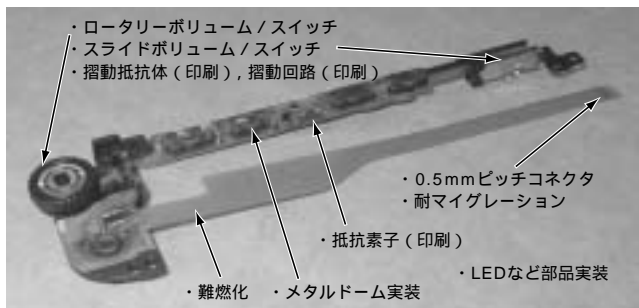


図1 メンブレンスイッチモジュール製品例  
An example of MBSW module products

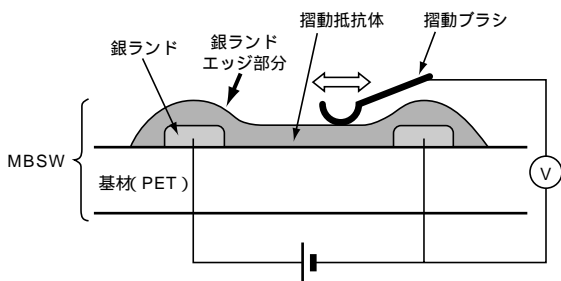
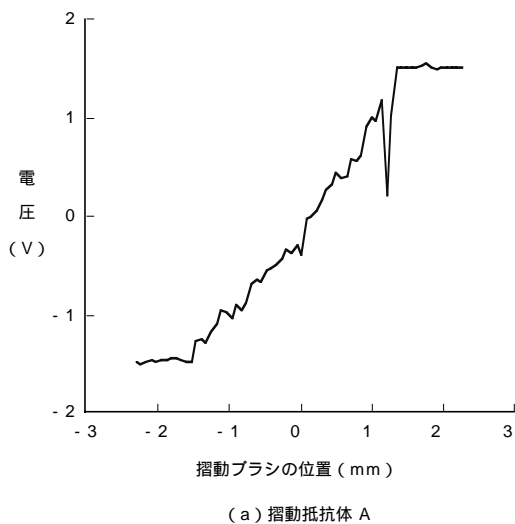


図2 スライドボリュームの基本構造  
Structure of slide volume



### (1) 摺動抵抗体印刷技術

摺動抵抗体は、スライドボリュームやロータリーボリュームに用いられる。図2にスライドボリュームの基本構造が示されているように、摺動抵抗体上には金属製の摺動ブラシがこすれる。摩耗などにより摺動ブラシと摺動抵抗体の接触が不安定になるなどの現象が生じてはならず、数万回以上、用途によっては数百万回以上、数千万回以上の動作寿命が求められる。

摺動抵抗体上に金属ブラシを5万往復接触摺動させた後の出力波形を図3に、摺動抵抗体上の摺動部分のSEM像を図4に示す。図4のSEM像は、図2で“銀ランドエッジ部分”と示されている箇所を観察したものである。

摺動抵抗体Aはバインダ樹脂が熱可塑型で、導電性フィラがカーボンブラックである。図3(a)に示されているように、摺動抵抗体Aを用いた場合には5万往復摺動後に出力波形にノイズを生ずる。この原因は、図4(a)のように、抵抗体が摺動により削れ、特に銀ランドエッジの段差の大きい部分などに局部的に再付着しているため、この部分で摺動ブラシと摺動抵抗体の電氣的接触が悪くなっていることによると思われる。

摺動抵抗体Bは熱硬化型のバインダ樹脂を用いており、導電性フィラがグラファイトとカーボンブラックの複合である。図3(b)に示されているように、5万回摺動後も図3(a)のようなノイズが発生することはない。また、図4(b)をみると、摺動による傷はみられるが、摩耗粉の局部的な再付着のような現象はみられない。

摺動寿命は、抵抗体の摩耗量、摩耗粉の粘着性などに起因することが報告されている<sup>4)</sup>。摺動抵抗体Bにおいては、グラファイトが配合されているために摺動ブラシとの摩擦係数が低下する結果、摩耗量が少ないと考えられる。さらに、バインダ樹脂の耐熱性も高いために摩耗粉の摩擦熱による軟化(粘着性の発現)、抵抗体への局部的な再付着が起こりにくいと考えられる。

リジッドタイプのプリント配線板用摺動抵抗体として

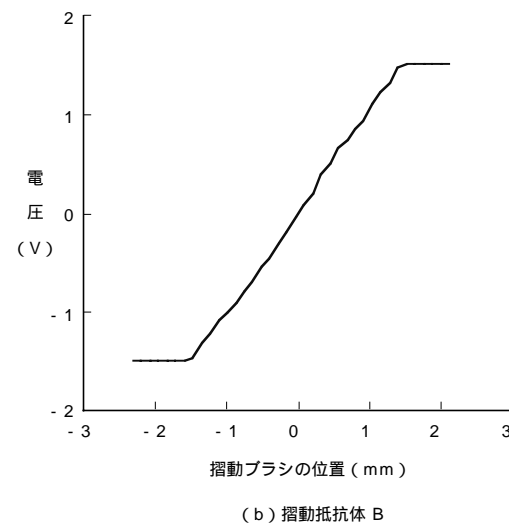
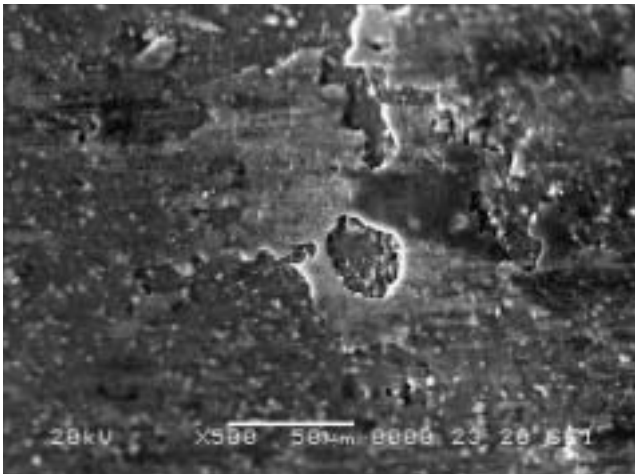
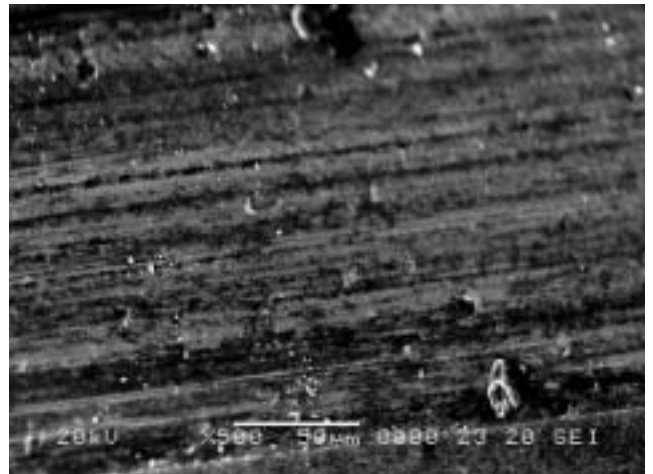


図3 5万往復摺動後の出力波形  
Output voltage shape after 50,000 cycle sliding



(a) 摺動抵抗体 A



(b) 摺動抵抗体 B

図4 5万往復摺動後の摺動部分のSEM写真  
SEM image on sliding register after 50,000 cycle sliding

は、熱硬化型フェノール樹脂バインダが用いられることが多い。フェノール樹脂の硬化温度は一般的に高く、耐熱性が比較的低いポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムが基材として用いられるMBSWへの適用は困難であった。われわれは、比較的低温での硬化が可能な熱硬化型樹脂をバインダとして用いた摺動抵抗体 B を使用し、かつ摺動抵抗印刷工程および乾燥、硬化工程を厳しく管理することにより、抵抗値の一般公差  $\pm 30\%$ 、耐摺動回数10万回以上の摺動抵抗体を形成する技術を確立した。

### (2) 難燃化技術

メンブレンスイッチの基材として用いられているPETフィルムは、酸素指数25と比較的燃えやすい樹脂フィルムである。一般的にULで規定される燃焼性（UL94）を満足するためには、難燃性のコーティングを施してMBSW全体の難燃性を向上させる必要がある。われわれは難燃性、機械的特性、電気的特性のバランスの取れた軟質塩化ビニル系の絶縁レジストをコーティングすることにより、燃焼性（UL94 VTM2）を満足しつつ、電子部品としての信頼性の高いメンブレンスイッチを開発し、販売している。

また、対環境負荷の低減を狙い、非ハロゲン系レジスト材料およびこれを用いたエコMBSWを開発中であり、2003年度に商品化する予定である。

### (3) 微細ピッチコネクタ技術

近年のポータブルAV機器用のMBSWモジュールにおいては、小型化のため狭ピッチ配線が要求される。MBSWの場合には導体に銀が使用されるため、イオンマイグレーションが問題となる場合がある。特に、導体が露出しているコネクタ部について考えると、このように狭ピッチ化（現在主流となっているのは0.5mmピッチコネクタ）が進み、かつ使用環境が多様化するほど、結露により凝集水が線間をブリッジしてイオンマイグレーションが発

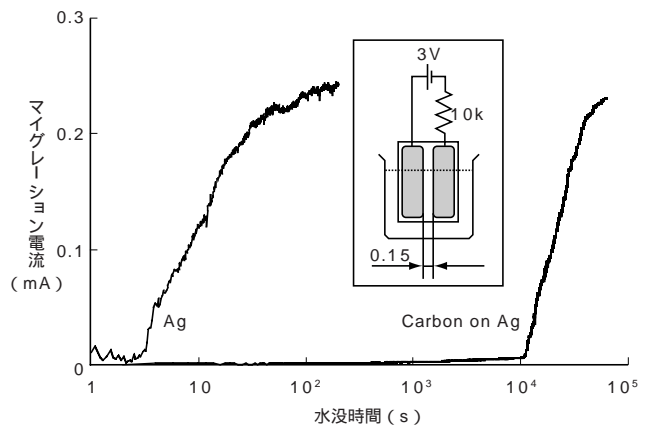


図5 マイグレーション電流の変化（导体幅：0.35mm，导体間隔：0.15mm）  
Electric current during migration experiment (Line/Space = 0.35mm/0.15mm)

生する可能性が高まる。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<sup>5)</sup>。

当社のMBSWにおいては、使用される機器の構造上、結露が発生しやすい場合など、厳しい環境で使用される場合には、コネクタ部の銀回路に特殊カーボンを重ねて印刷することによりマイグレーションの発生を抑制している。図5に导体幅0.35mm，导体間隔0.15mmの回路に3Vの直流電圧をかけた状態で水没させた強制マイグレーション試験の結果を示す。銀回路では数秒でマイグレーション電流が流れ始めるが、特殊カーボンオーバーコートを施すことにより、マイグレーションの発生を大幅に遅らせることができることがわかる。これは、特殊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素過程を妨げているためであると考えられる。

当社はR-R印刷ラインによる高精度重ね印刷技術を確立しており、0.18mmピッチ（L/S=0.08/0.10）までの銀、

カーボン重ね印刷を実現している<sup>6)</sup>。

(4) メタルドーム実装技術

MBSWモジュールにはキースイッチのクリック感付与のため、メタルドームが実装される。当社では図6に示すように、電極シートを上下2枚組み合わせるその上にメタルドームを実装するタイプと、1枚の電極シート上にメタルドームをじかに実装するタイプの2種類の構造をそろえており、要求特性に応じて選択している。われわれは、有限要素法を用いてメタルドームの変形モードや変形時の応力分布解析を実施することにより、メタルドームやそれを実装するMBSWの最適構造を設計している。有限要素法による応力解析の例を図7に示す。図6に示した2つの構造において、打鍵寿命10万回をクリアしている。

(5) 機構部品との複合化技術

MBSWモジュールにおいては、樹脂モールド部品や金属部品をMBSWに複合化している。例えばロータリースイッチでは、樹脂製のダイヤルと金属板とベースを組み合わせ、ダイヤルが回転し、かつ回転時にクリック感が得られるようになっている。これらを組み立てる際には、熱可塑性樹脂製の部品の一部に熱と圧力を加える

ことにより、樹脂を溶融成形して所望の形状とし、複数の部品を一体にする技術が必要とする。この工程では温度、圧力の厳しい管理が必要となる。

ロータリースイッチのトルクと回転角の関係を図8に示す。また、ロータリースイッチを回転動作させた場合の発生音のスペクトルを図9に示す。上記溶融成形工程の加工条件として、条件Aは条件Bと比較して、溶融成形の温度、圧力ともに高い。図8から、条件Aにおいては、ピークトルクが高くなっており、回転摩擦による平坦部のトルクも高く、動作感が悪い。また、図9に示されるように、条件Aにおいては14kHz付近に音圧レベルのピークがみられる。これは、回転の際に金属板と樹脂が擦れ合わさるときの金属音に近い発生音とみられ、AV機器用のスイッチとしては、好ましくないものである。

それに対して、条件Bにおいては、回転トルクも適正で、ピークトルクと平坦部トルクで十分に差があり、回転時の感触が良い。また、発生音に関しても、14kHz近辺に音圧レベルのピークがみられず、軽快な音になっている。

このように、動作性、発生音などを定量化し、ユーザの感覚、聴覚などによる定性的な判定との相関を把握しながら最適設計を行うことが、MBSWモジュールの新規開発、新規設計において重要となる。

これまでに述べた諸特性を含めて、MBSWモジュールの主な特性を表1にまとめた。

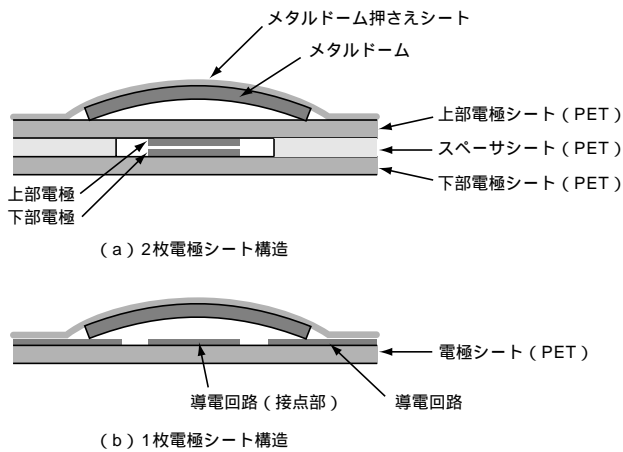


図6 MBSW上へのメタルドーム実装構造  
Structure of metal dome mounting MBSW

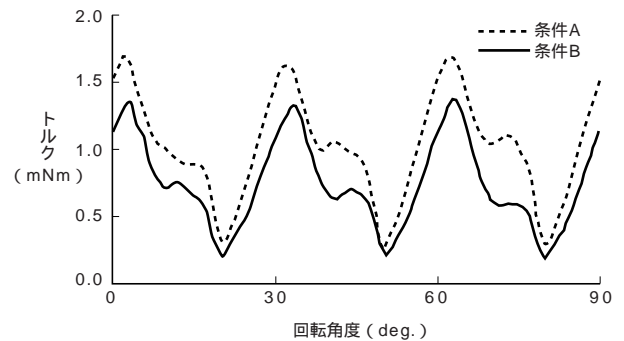


図8 ロータリースイッチのトルクと回転角の関係  
Relationship between torque and rotation angle in rotary switches

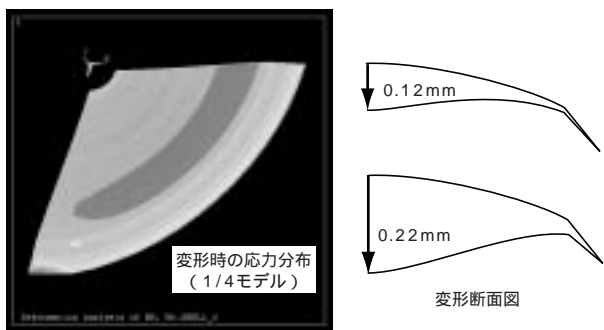


図7 メタルドームの有限要素法による解析例  
Structural analysis of metal dome with finite element method

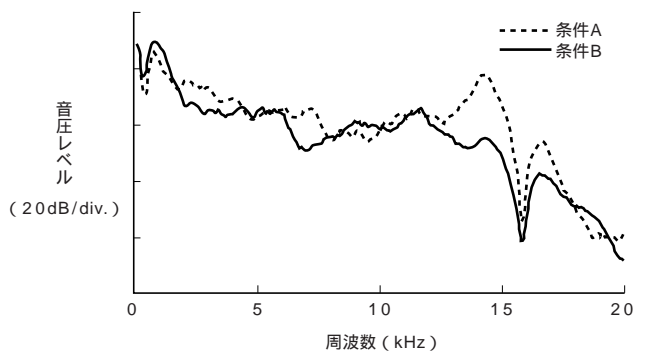


図9 ロータリースイッチ動作時の発生音のスペクトル  
Noise spectra on operating rotary switches

表1 メンブレンスイッチモジュールの一般仕様  
General specifications of MBSW module

項目	内容		備考
基材	PET 厚さ75μm		
絶縁オーバーコート	塩ビ系 厚さ40μm		非ハロゲン系 開発中
回路ピッチ	一般回路部： 0.3mmピッチ以上 コネクタ部： 0.5mmピッチ以上		
燃焼性	UL94 VTM2		
部品実装	LED ほか (導電性接着剤と 封止剤による)		はんだ 接着剤 を使用しない 構造開発中
部品接続	LCD ほか (異方性導電材料による)		
機構部品複合化	ロータリーポリウム /スイッチ スライドポリウム /スイッチ ほか		
抵抗素子	抵抗値	100 ~ 500k (±30%)	
摺動抵抗	抵抗値	1k ~ 100k (±30%)	
	摺動寿命	10万回以上	
メタル ドーム	構造	1) 1枚電極シート構造 2) 2枚電極シート構造	図6参照
	押印荷重	1.2~2.5N	
	打鍵寿命	10万回以上	
耐久性	耐熱性	80 × 240h	
	耐寒性	- 30 × 240h	
	耐湿熱性	60 , 95%RH × 240h	
	耐ヒート ショック性	- 30 × 30min 80 × 30minを 1サイクルとして連続20サイクル	
	耐マイグレ ーション性	60 , 95%RH, 印加電圧3V × 240h (結露なきこと)	

### 3.むすび

以上述べたように、摺動抵抗体やメタルドーム実装などの種々の要素技術を開発し、ポータブルAV機器用のMBSWモジュールに適用した。また、MBSWモジュールの高性能化につなげるべく、スイッチの動作性、発生音などを定量化して解析し、機構部品の設計やMBSWとの組立、複合化工程の設計にフィードバックすることができた。

現在、MBSWモジュールのさらなる機能、性能アップを狙い、はんだ、接着剤を使用しない新たな構造によるMBSWと機構部品の複合化技術の開発、難燃性オーバーコートのノンハロ化開発などを行っている。

### 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) 都外川ほか：高信頼性摺動抵抗体の開発，デンソーテクニカルレビュー，Vol.4，No.1，pp.82-87，1999
- 5) 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，pp.58-62，1998
- 6) 大山ほか：R-R印刷技術，フジクラ技報，第102号，pp.47-52，2002