導電性ゴムの接続技術

Connection Technique of Conductive Rubber

永田 正樹*

1. はじめに

導電性ゴムは、カーボンブラックや金属などの導電性材料にゴムをマトリックスとして使用した複合導電材料である。

ゴムは高弾性を有することから、一般の高分子材料の特長である軽量、易加工性に加え、高度の柔軟性、振動吸収性、シール性などの特長を有する。

これらに導電性機能が加わった導電性ゴムは、近年のエレクトロニクス技術の発展により各種の接点材料としての用途を大きく広げ、独自の材料としての地位を確立した。特に近年の電子回路の高密度実装化の傾向は接続技術の多様化を促し種々の実装分野に導電性ゴムコネクタが用いられている。

本稿では、導電性ゴムの接続分野を中心とした用途について解説する。

2. 導電性ゴムの種類と用途^{1)~5)}

導電性ゴムは使用される導電材料によりカーボン系導電性ゴムと金属系導電性ゴムに大別される。両者ともに実用化に当たっては、機械的強度を損なわずにいかにして高い導電性を有するものを得るかが大きなポイントとなる。Tab. 1 に、導電性ゴムの導電性に影響を与える因子とその効果を示した。

これらの基本的な効果を踏まえ、形や質について種々の改良が試みられ、多くの導電性ゴム製品が生み出され

ている。Fig.1に、最近の特許出願状況からみた導電性ゴムの開発パターンを示す。

導電性ゴムに使用されるゴムは、ケーブル用等一部を除きシリコンゴムが使用される。

Tab. 1 Factors Influencing Conductivity of Conductive Rubber and Their Effect

因 子	アクション	効 果
含 有 量	多 い	低抵抗
形 状	高アスペクト比 高次構造の発達	低抵抗 低抵抗
大 き さ	粗 い	高抵抗
分 散 度	均一化	高抵抗
表面活性	高活性	高抵抗

Fig.1 Development Pattern of Conductive Rubber

* Masaki Nagata / 日本合成ゴム 東京研究所
第15回講演予稿集より転載

分類	構造	メーカー
1) 積層型		東レ 信越ポリマ テクニット
2) 導線貫通型		東レ 信越ポリマ
3) 粒子分散型		沖電線 JSR
	日本黒鉛 AMP
4) 回路形成型		テクニット
	信越ポリマ

Fig.2 Types of Conductive Rubber Connectors

シリコンゴムが多用される理由として、耐熱性、電気特性が優れているほか環境特性に優れていること、ジェン系ゴムなどで用いられる老化防止剤（導電性に悪影響を及ぼすといわれる）を使用する必要のないこと、さらに可塑性が大きいため導電材料の配合が比較的容易なこと等があげられる。

導電性ゴムの中で、接続素子やスイッチ素子として使用されるものは異方導電性ゴムや加圧導電性ゴムである。

異方導電性ゴムは、導電特性に異方性を有する材料で、導電部と絶縁部が積層構造をとるもの、金属繊維や炭素繊維を埋め込んだもの、金属粒子を配列させたものなどが商品化されている。Fig. 2に異方導電性ゴムの代表的なものを示す。

加圧導電性ゴムは単なる導電ゴムとは異なり、加圧部のみが導電性を示し、他の部分は絶縁性を保つ材料である。シリコンゴム中に金属粒子やグラファイトを混入したものが商品化されている。

Tab. 2に異方導電性ゴム、加圧導電性ゴムの代表的用途を示す。異方導電性ゴムの用途は液晶表示装置（LCD）とプリント回路基板（PCB）との接続、PCB間の接続等の接続用途が中心である。一方、加圧導電性ゴムの用途としては、高密度実装スイッチやPCB検査治具等のスイッチ用途が中心である。

Tab.2 Uses of Anisotropic Conductive Rubber and Pressure Conductive Rubber

区分	適用例	段階
部品とPCB接続	LCDとPCB LSIフラットパックとPCB	実用 実用
PCB間の接続	ハードとフレキ ハードとハード	実用 実用
部品検査	LCDの検査 PCBの部分検査 PCBの全面検査 LSIの検査	実用 実用 開発～実用 開発～実用
スイッチ	一般スイッチ 透明スイッチ	実用 開発
導電シール材料	部分メッキ用電極	実用～開発

3. 異方導電性ゴム、加圧導電性ゴムの特性

接続用途に使用される異方導電性ゴムは各種のものが市販されており、種類によりその特性、特長は異なる。ただ、この種の材料の一般的特長として、下記のことがあげられる。

- (1) ギャップのある電気接続が可能
- (2) 装脱着が可能
- (3) 接続面がシール機能を有する
- (4) 衝撃吸収機能を有する
- (5) 半田づけ等による熱的損傷を受けない

等である。特に、(1)はデジタル時計や液晶テレビのような機器の構造上ギャップのある接続が必要な場合に有効性を発揮し、(2)は接続部品の交換が必要な場合(ICの交換など)に有効である。以下、各種異方導電性ゴムの基本特性、特長を解説する。

3.1 積層型コネクタ⁶⁾

シリコンゴムにカーボンブラックを充填した導電性シリコンゴムと、シリコンゴムを交互に積み重ねて共加硫等で固着した後、所要寸法に裁断して得られる材料であり、その外観からゼブラ型と呼ばれている。

このタイプは、Fig. 2に示すようにチップの上下および前後で導電性を示し、長手方向では絶縁性を有する。このタイプの特長としては、1mmピッチ以下の電極にも容易に対応でき、寸法吸収能があるため電極との安定した接触が得られること、形状、寸法の自由度が大きく長サイズや厚い物も作りやすいこと等があげられる。

一方、短所としては、カーボン系導電ゴムを用いているので導通抵抗値が高く（ $10^0 \sim 10^3 \Omega$ ）、また電流容量も小さい（ $5\text{mA}/\text{mm}^2$ ）ため用途的にLCD用コネクタに限

定されること、2方向に導電性を有するため2次元に配置された電極の接続には不向きであること等があげられる。

このタイプは、実用化の歴史も比較的早く、形状や導電部間ピッチにも種々のバリエーションがある。たとえば、Fig. 3に示すように、サイド部をゴム、スポンジなどで補強し、コネクタの座屈を防ぐとともに接触面積が大きくとれるようにしたものなどが知られている。導電部ピッチも微細化が進み、最近では $30\mu\text{m}$ ピッチのものも市販されている。

3.2 導線貫通型⁷⁾

金属繊維または炭素繊維をシリコンゴムシートの厚み方向に配向、貫通させたものである。

厚み方向にのみ導電性を有し、面方向に絶縁性を有する。繊維はシート表面より $10\sim 20\mu\text{m}$ 程度突出している場合が多い。代表的なものをFig. 4に示す。

このタイプの特長として特に、金属繊維を使用したものでは、導通抵抗が低く(数十 $\text{m}\Omega\sim$ 数百 $\text{m}\Omega$)電流容量が大きい($500\text{mA}/\text{mm}^2\sim 5\text{A}/\text{mm}^2$)こと、 $7\sim 8$ 本/ mm の高い分解能が得られること、2次元に配置された電極の接続に適していること等があげられる。

短所としては、過荷重により繊維の座屈を生じやすく、その場合回復が不可能なこと。繰返し圧縮の耐久性が比較的小さいこと等があげられる。

最近では、これらの短所を改良する試みもなされており、たとえばFig. 5に示すような、金属繊維をたわめた形状にしてゴム中に埋設したものが知られている。

Fig.3 Example of Multi-Layer Type Connector

3.3 金属粒子分散型⁸⁾

金属粒子をシリコンゴム中に分散させた後、金属粒子を配向させ導電路を形成した材料である。

このタイプの特長としては、 $500\text{m}\Omega/\text{mm}^2$ 以下の低抵抗が得られ、電流容量も $500\text{mA}/\text{mm}^2$ 程度と比較的大きいこと、5本/ mm 程度の高い分解能が得られること、広い許容歪み範囲(5~40%)を有し繰返し圧縮に強いこと等があげられる。

短所としては、分解能の厚み依存性があり、実装上の制約となることがあげられる。Tab. 3に、この種のコネクタの特性を示す。Fig. 6に代表例を示す。

3.4 回路形成型

Fig. 2に示すように各種のものがあるが、代表的なものは、シリコンゴム芯材に平行な電極パターンを有するFPCを巻きつけたものである。

一般的特長としては、低抵抗で厚いものを得ることができるが、短所としてはリジッドな回路面が外面となり、電極との安定した接触、シール性を保つのが困難なことがあげられる。

3.5 金属粒子偏在型、導電ゴム偏在型^{9),10)}

Tab.1で示したタイプのほか、注目すべきものとして、金属粒子偏在型、導電ゴム偏在型がある。

金属粒子偏在型は、配合した金属粒子をシリコンゴ

Fig.4 Fiber Implant Type Connector

Fig.5 Type Using Bended Metal Fiber

Tab.3 Specific Characters of Metal Dispersion Type Connector

JSR PCR	305-02	305-05	304-10	301-05
最小電極面積 [mm ²]	0.2	0.6	1.0	0.6
最小電極間隔 [mm]	0.1	0.1	0.5	0.3
分解能 [本/mm]	5	3	1	1.5
厚 さ [mm]	0.20	0.42	0.90	0.43

Fig.6 Principle of Metal Dispersion Type

ムシート中に所定のパターンで偏在させたもの(Fig.7参照)である。導電ゴム偏在型は、導電ゴムのチップを絶縁シート(ゴム、プラスチック)の中に所定のパターンで組み込んだものである。

特長としては、微細な導電部(0.1mm²以下)の形成が図れることから、微細な2次元配置電極の接続に適している。

3.6 異方導電性膜(接着タイプ)¹¹⁾

以上の異方導電性ゴムは、マトリックスとしてシリコンゴムが用いられており、圧接接続に用いられるタイプである。

これに対し、最近、マトリックス成分を変えてヒートシール性(熱接着性)をもたせたものが市場に現われてきた。

シリコンゴム系に比べ、分解能、環境信頼性に難があるといわれているが、実装上のメリットが得られる場合も多く、新たな用途への展開が注目される。(Fig.8)

3.7 加圧導電性ゴム¹²⁾

加圧導電性ゴムは、加圧部のみが導電化することから、一種の異方導電性ゴムと見なすこともできる。ただ、そのスイッチ機能(Fig.9, 10)から、用途的には上記の異方導電性ゴムとは異なり、スイッチ素子としての用途が

Fig.7 Metal Grain Designed Distribution Type Connector

Fig.8 Assembly of an Anisotropic Conductive Film

ほとんどである。

4. 導電性ゴムの実装技術

4.1 異方導電性ゴムの各種実装技術

異方導電性ゴムを接続用途に使用するに当たっては、一般的に次の点が配慮されなければならない。

- (1) 電極ピッチ、電極ギャップへの適合性
- (2) 電気特性(導通抵抗、電流容量、絶縁抵抗)
- (3) 機械特性(圧縮弾性率、許容歪み量)
- (4) 装着時の環境信頼性(高温高湿、サーマルサイクル、耐薬品性等)
- (5) 加工メリット(装着の容易性、コスト等)

これらのことを配慮して、最適な異方導電性ゴムが選択される。

異方導電性ゴムの応用として最も代表的なものは、Fig.11に示すようなデジタルウォッチや電卓のLCDとPCBの接続である。ギャップが広く、低い抵抗値である必要もないことから、この用途には積層型コネクタが用いられる。

フレームを用いて圧接固定され、5~15%の圧縮歪み量で使用される。

最近、応用が注目されているものではLCD、EL等の

Fig.9 Dependence of PCR Resistance Upon Applied Pressure

Fig.10 Application of PCR as a Switch

フラットパネルの実装技術への適用がある¹³⁾。Fig.12～Fig.13に、異方導電性ゴムを使用した実装例を示す。ここで、Fig.12(a)のIC－パネル間の接続以外はすべて回路基板－パネルの接続であり、要求特性(たとえば、ELパネルではLCDパネルよりも低抵抗、高電流容量が必要)に応じて積層型、導線貫通型、ヒートシール型等各種のコネクタが用いられる。

IC－パネル間の接続には、金属粒子偏在型か導電ゴム偏在型が用いられている。使用されるICは一種のフリップチップで、およそ0.4mmのピッチを有し、約200点のパッドをもったものである(Fig.14)¹⁴⁾。

この種の IC－パネルあるいは IC－PCB の接続用途(Fig.15)は、最近のICのリードレス化、電極間ピッチの微細化、多ピン化の動向と相まって表面実装技術としての応用が期待されている。特に、多数の微細ピッチのICを同一基板上に実装するような場合、その歩留りを保つために検査工程時におけるIC交換作業が容易に行なえる必要がある。こういった意味で、今後、この種の用途での展開が期待される。

Fig.16に、PCB間相互の接続に金属粒子分散型を使用した場合の例を示す。実装上の特色としては、メカニカ

Fig.11 Application of Multi-Layer Type

Fig.12 Assembly of a Small Size Liquid Crystal Flat Panel

Fig.13 Assembly of a Large Size Liquid Crystal Flat Panel

ルコネクターに比べ薄型化省スペースが可能となり、組立工数の削減も図れることである。このような方法で、

コネクタは、裏、表にそれぞれ35 μ mずつ、導電性ゴムが飛び出している。
Fig.14 Connection Example of a Liquid Crystal Panel Glass Board

Fig.15 Connection Example of an IC-PCB

Fig.16 Application of Metal Dispersion Type Connector

ワープロなどのOA機器内部の配線接続に用いられている。

PCB間相互の接続用途としては、このほかにもカメラ内部のフレキシ基板間の接続等に導線貫通型やヒートシール型が使われている。

4.2 加圧導電性ゴムの実装技術

加圧導電性ゴムは、その特性を生かし種々のスイッチ素子への応用が可能である。これまでに、日本語ワードプロセッサなどに用いられている多項目入力タブレットや図形入力装置等への応用がなされてきている。

最近是他の素材との複合化による紐状のコードスイッチへの応用¹⁵⁾(Fig.17)や、基板検査治具等のシステム機器への応用¹⁶⁾(Fig.18)が注目されている。

コードスイッチは、加圧導電性ゴムを極細束銅線の柔軟性のある電極ではさむ簡単な構造であり、耐水性、耐候性、耐熱性、耐薬品性に優れた屈曲自在のタッチスイッチである。産業安全や防犯、防災用地滑り検出などのセンサー用途での応用が図られている。

加圧導電性ゴムはまた、多数の場所を同時に押しても互いに電気的には絶縁が保たれ、かつ個々の押圧点で弾性に富むため、2次元的に配置されている多数の電極との同時接続が可能となる。この特性に着目して、応用がなされたのがPCB検査装置治具である。この用途では、密閉構造ではない（スイッチ機能は要求されない）ため他の異方導電性ゴムの適用も原理的に可能であるが、低抵抗、耐久性が要求されることから金属粒子を用いた系が最も適していると考えられる。

5. まとめ

異方導電性ゴム、加圧導電性ゴムの種類、特性、用途等につき解説してきたが、今後ともさらに需要の多様化、高度化に即し、多品種化、機能性の向上が図られていくものと思われる。

特に、現在急激に進展している機器の高密度実装化に

Fig.17 Structure of Code Switch

Fig.18 Printed Circuit Board Tester Using PCR

対応し得る実装技術の確立を図っていくことが重要であり、材料メーカー側と組立メーカー側とのより密な協力関係が必要である。

参考文献

- 1) 柿沢紀世雄：日本ゴム協会誌，58(9)，553，(1985)
- 2) 永田正樹：日本ゴム協会誌，58(9)，604，(1985)
- 3) 米倉平八郎：日本ゴム協会誌，58(9)，610，(1985)
- 4) 安田直史，永田正樹：材料フォーラム，No.2，79，(1985)
- 5) 安田直史，永田正樹：材料フォーラム，No.3，117，(1986)
- 6) 根井鴻一：電子材料，23(12)，49，(1984)
- 7) 椎野光男：電子材料，23(7)，69，(1984)
- 8) 永田正樹，藤村峰夫：信学技報，CPM 85-24，(1985)
- 9) 安田直史，永田正樹：マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集，p.90，(1985)
- 10) 飯沼芳夫，小嶋敏夫，岡野明彦：マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集，p.106，(1985)
- 11) 有光義雄，桜田五十二：電子材料，22(10)，50，(1983)
- 12) 永田正樹，安田直史：日本金属学会会報，17，991，(1978)
- 13) 畑田賢造，松永浩二，藤本博昭：電子材料，24(9)，49，(1985)
- 14) マイクロデバイスNo.2 (日経エレクトロニクス別冊)，p.44，(1984)
- 15) 富田誠介：高分子，35(5)，475，(1986)
- 16) 中江浩一，藤村峰夫：電子材料，23(10)，158，(1984)

(p.33よりつづく)

題のないレベルの信頼性を有していることが確認できた。

5. 今後の展望

今後LCD実装としては、接続ピッチの細密化および接続端子数の増大がますます進み、かつコストダウンの要求も非常に強くなっていくのは必至である。したがって、これらに対応して、次のような方向へ進んで行くと考ええる。

- (1) ピッチの細密化に対応するために、ヒートシール等に代わって異方性導電膜の適用が拡大する。

- (2) ドライバIC数の増大に対応して、高密度実装性からCOPの比率が増す。
- (3) コストダウンのため、ドライバICのバンプレス化が図られる(Bumped-TAB化等)。

参考文献

- 1) 畑田他：フィルムキャリア方式によるフラットパネルの実装，電子材料，(1985, 9)
- 2) 畑田他：光硬化性樹脂によるフラットパネル電極接続の基本特性とモジュール構成，信学技報，vol.85, No.35, (1986, 3)
- 3) 舩田：液晶ポケットテレビの高密度実装，インターネブコン講演，(1986, 1)