

実用レベルに達したストレッチャブル基板の現状

監修：モリマーエスエスピー株式会社

序文

2016年頃から、ストレッチャブル基板の話題が多く取りざたされることがあった。しかしその後は実用化に至らず、多くの基板メーカーはその開発活動を中止したり、初期試験だけで終了したりしている。一方で、医療機器開発の現場や健康管理機器、更にはスポーツ、アパレル業界からも、こうした機能の製品ニーズが年々増加してきている。株式会社サトーセン（以下STS）では、開発当初から寄せられた多くの顧客要求を真摯に受け止め、着実にそれらをこなすような開発作業を長年継続してきている。材料、工法、応用の3分野において、こうした地道な開発努力が実を結び、いよいよ実用段階に入ったと考えている。以下、ストレッチャブル基板の開発状況の実態をお知らせし、お客様のより広いアプリケーションの展開に資することを期待するものである。

1. 材料開発

ストレッチャブル基板のベースとなるのは、ウレタン系のゴムシートである。シートとはいながら、その厚みは5～200 μm であり、極めて薄く伸び易い素材となっている。開発当初は既存のウレタン材に対し、これも既存の導電性インクを用いて回路を形成することをトライしていた。しかしながら、同じウレタン材といながらも実は多くの種類が存在する。顧客要求によって使用することになったウレタン材は、当初予定したものとは非常に異なる物理特性を有するというようなことが頻発したのである。また導電性インクにおいても同様で、この二つには相性の問題があった。インクの中に含有する有機溶剤によって、またウレタンの種類によって、このインク内の有機溶剤がウレタン内部に浸潤することが判明した。これが原因で引き起こされる問題は、ウレタン素材の膨潤である。基材自体が膨れ上がることで、導電性インクの電気特性に悪影響を与えてしまう。そこでトライしたのは、インクとベース素材のマッチングを図ることである。ベース素材に合ったインクを選定するプロセスを確立し、試作前にはこの問題が発生しないような対策を取ることができるようになったのである。当然ながら、このプロセスでは、インクメーカーやウレタン素材メーカーとの緊密な連携が必須である。STSでは従来からプリント基板用インクの開発などでインクメーカーとは繋がりがあり、地道なフィードバックを繰り返すことで実用化のめどをつけることができた。

導電性インクも、この製品における非常に重要な構成材料である。Agを導電性確保の基本要素としているが、その含有量やインクの種類によって、あらゆるバリエーションが存在するといっても過言ではない。当初使用していたインクでは、回路の抵抗値がどうしても高くなり、回路設計によっては動作に悪影響が出るというような問題があった。例えば回路に二次電池を搭載したいというようなお客様においては、抵抗値低減は譲れない要求事項であ

ったからだ。S T Sではインクメーカーと共同し、それぞれの使用目的に適したインクの開発を行ってきた。その結果、回路抵抗値を一桁下げるという改善を実現し、実用化の目途を付けることができた例がある。こうした開発努力を継続する中で、多くのノウハウを蓄積することができた。一般的に導電性インクの特性として、初期段階で抵抗値を下げるという事と、基材が伸びた時に上がる抵抗値というのは、相反する関係になる。初期抵抗をどこまで下げたいのか、また伸びた時にどういった抵抗値変動にしたいのか、お客様の目的に合ったインク選定、改良を行えるようになったのである。

回路の形成は、導電性インクをウレタン素材上に印刷することで実現する。S T Sの印刷では、基材と印刷版の位置合わせをC C Dによる位置認識で行っている。更に印刷後の回路位置も認識させることで、印刷位置のずれを検出する。その情報をフィードバック補正することで、以降の印刷での精度向上を実現しているのである。しかし導電性のインクの色目によっては、この認識が困難になるケースも発生した。S T SではインクをC C D認識に適した色目に改良し、確実なデータフィードバックを実現することで精度の確保を達成することができた。ウレタン素材が伸縮し易いものであり、また印刷版も繰り返し使用の中で精度に影響を与えることがある。精度を確保しながら量産性を確保するという事では、こうした地道な改善の繰り返しが必須であった。また、印刷性を左右する大きな要素として、ウレタンシート表面のタック性の問題がある。これはウレタンシートの表面がくっつきやすいため、印刷版がくっついて離れなくなる＝印刷性が極めて悪くなるという問題である。これを改善するためには、ウレタンシートの表面仕上げをシボ処理にしたり、印刷条件の最適化で対応した。

印刷された回路の例

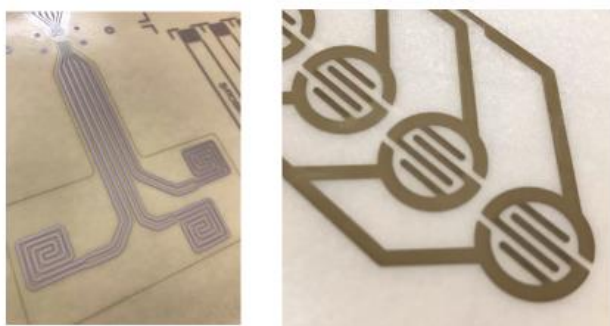


写真1：印刷された回路の例

回路の保護の目的で、印刷後の回路上にオーバーコートを施している。実はこれも電気特性に影響を与えることが分かっている。オーバーコート内の有機溶剤成分がAgインクの中に移行・浸潤することで、抵抗値が変動してしまうのである。S T Sでは導電インクメーカーと共同し、電気特性に影響を与えないオーバーコート材を見出すことに成功した。またこの

素材は本来は透明な液状であるが、印刷実施後の検査で透明では検査ができないという問題が発生した。カスレ具合の確認もできないのである。そこで適度な色を付けることでこれを解決し、CCDでの自動検査も可能にしている。

以上述べたように、素材レベルでの主要な開発、改善を上記の通り終え、量産に堪えうるレベルになったと考えている。これまでに費やした膨大な検討の結果、顧客のご要求にお応えできる素材となり、またバリエーションもそろえることができたのである。

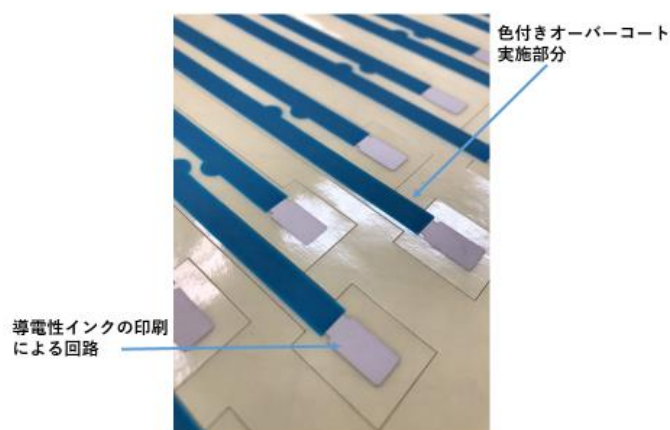


写真2：色付きオーバーコートの例

2. 工法上の改善

ストレッチャブル基板の上に、表面実装部品を搭載してもらいたいというご要求は、開発当初から存在した。そこで早い時期から表面実装に向けた実験を繰り返してきた。実装部品のパッド上に導電性接着剤をディスペンサーで塗布し、その上に部品を実装するという方法をトライしてきた。その結果十分な強度を持ちながら実装、その後のハンドリングに耐え得る品質に仕上げることができた。表面実装部品の接着部位は、ほとんどが非常に狭小なサイズであるので、導電性接着剤が強固に硬化してもストレッチャブル基板の伸縮特性には影響を与えないことも判明した。ウレタン素材上の導電性インクと十分に密着し、適度な強度を保ちながら部品保持力を維持でき、更に電気特性上も安定した導電性接着剤の開発成功が、ストレッチャブル基板上への部品の表面実装を可能にしたのである。

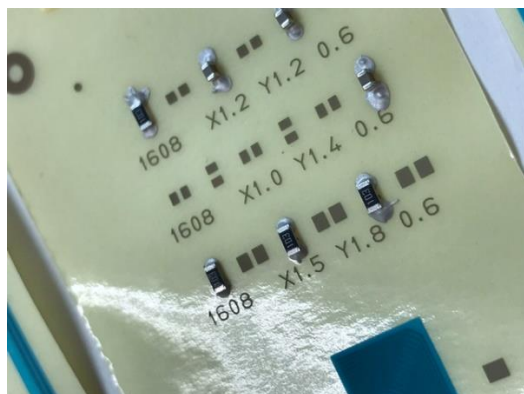


写真3：表面実装部品の実装例

実装工法に目途が付いたことで、基板上へのコネクタ実装も問題なく行えることとなった。以下に示すのは、コネクタ実装の例である。STSでは以下の方法を提唱して、お客様のアプリケーションの幅を広げられるような方法をご提案している。

- 1) FPCや一般硬質基板をインターポザーとして使う方法
- 2) スルーホールタイプのコネクタを直接ストレッチャブル基板上に実装する方法
- 3) 配線材をストレッチャブル基板上に直接実装する方法

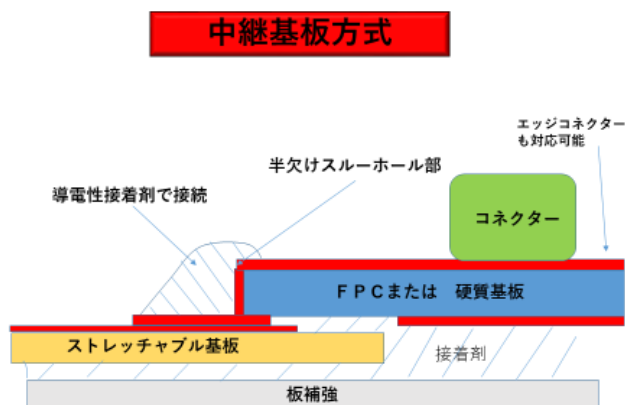


図1：インターポザー方式のコネクタ実装例

上記の例では、基板端部を半欠けのスルーホールとして、導電性接着剤による電氣的な接続を安定化させる。インターポザーがFPCの場合には、基板自体がFR4より薄いために、導電性接着剤が塗布し易いという特徴がある。一般的なFPCやFR4の基板を用いることで、表面実装方式のコネクタやスルーホールタイプのコネクタも、問題なく実装が可能である。更にこの基板端部をエッジコネクタにすることも可能である。

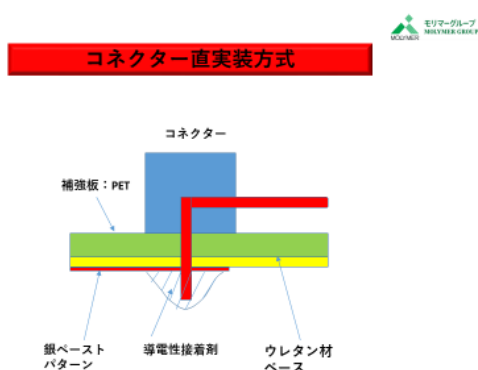


図2：コネクタの直実装方式

上記はストレッチャブル基板上に、直接スルーホールタイプのコネクタを実装する例である。導電性接着剤をディスペンサーで塗布することから、2.5mmピッチ以下の狭小コネクタの直接実装は推奨できない。しかし2.5mm以上のピッチのコネクタであれば、

上記のような方法でダイレクト実装が可能になる。

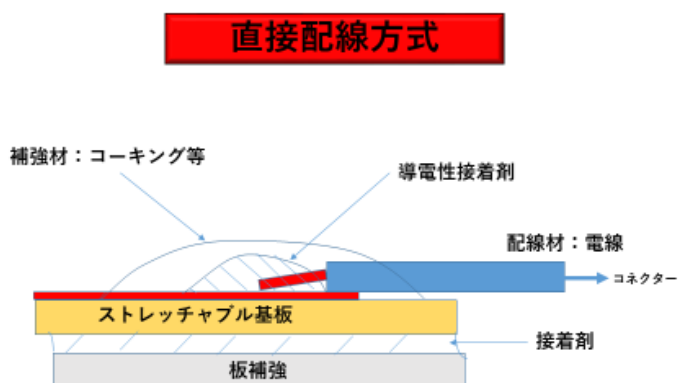


図3．配線材＋コネクタの直接実装方式

ストレッチャブル基板に配線材（電線）を直接実装することが可能である。その後の組み立てにおけるハンドリングなどで線材接続部周辺の補強が必要な場合には、線材を含めたコーキングによる補強も可能であるので、強度的に十分な保障が可能である。

以上のように、標準的な接続方式のバリエーションをご提供できるようになったことで、お客様側でのアプリケーション展開に幅を持たせたご提案が可能になっている。

3. アプリケーション応用の展開

従来は薄いウレタンシート単体をベースにしかただけでの対応であったが、お客様からの種々のご要求にお応えするため、生地付きのストレッチャブル基板の開発を進めた。これは伸縮性に富んだ布地と一体化させ、より広範なニーズにお応えしようとするものである。又伸縮性や強度の観点から、接着工法自体にバリエーションを持たせることで、より広範なニーズにお応えできるようになった。以下にその方式として3つのケースを示す。

- 1) 布地とストレッチャブル基板のホットメルト全面接着
- 2) 布地とストレッチャブル基板のホットメルトドット接着
- 3) 布地とストレッチャブル基板の特殊接着剤による全面伸縮接着

以下、それぞれのケースでの実施例の写真を示す。

布地との全面接着例

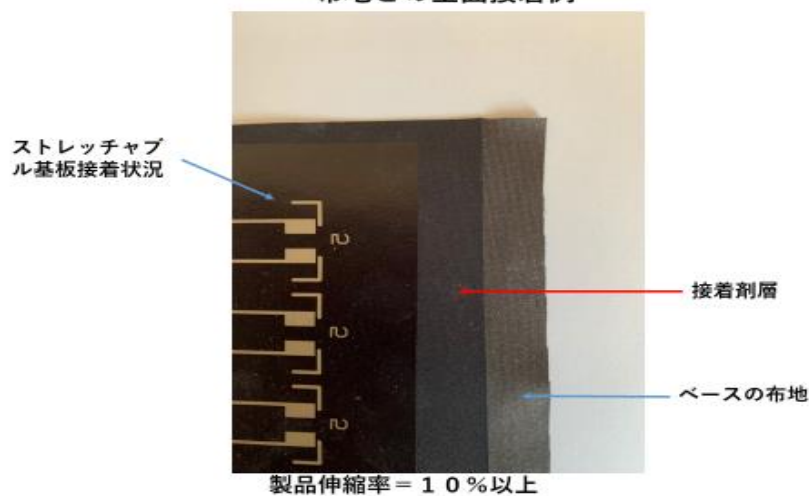


写真4：布地とストレッチャブル基板の全面接着

この接着方法は、シート状の接着剤を用いて、ホットメルト方式で全面に接着する方法である。接着剤自体が強度を提供するために、伸び率は10%程度になる一方で、強度的には最も強固な方法である。

ドット接着方式



写真5：ドット接着方式

接着剤がドットマトリクス状になっているので、布地の伸縮性を維持したままで接着できる。伸び率は50%以上が確保できる方法である。

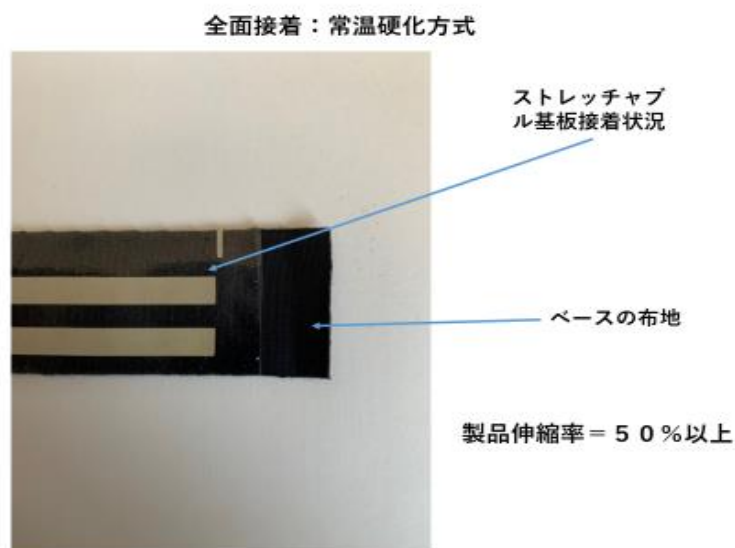


写真 6：全面接着 特殊接着剤による伸縮性確保

最初の例と同じく全面接着を行うが、接着剤自体が特殊であり、常温で硬化するタイプを採用している。伸縮性は50%以上を確保することが可能である。

更に、ベースの布地の伸縮性を活かしたいケースや、強度を確保したい場合など、色々な種類の接着方法の開発が終了している。その結果として、STSではこういった多種類のアプリケーションを適用することで、幅広いお客様のニーズに応えることができるのである。それではこういった工法の応用形として、どのような用途が考えられるだろうか。以下に示すのはその例である。

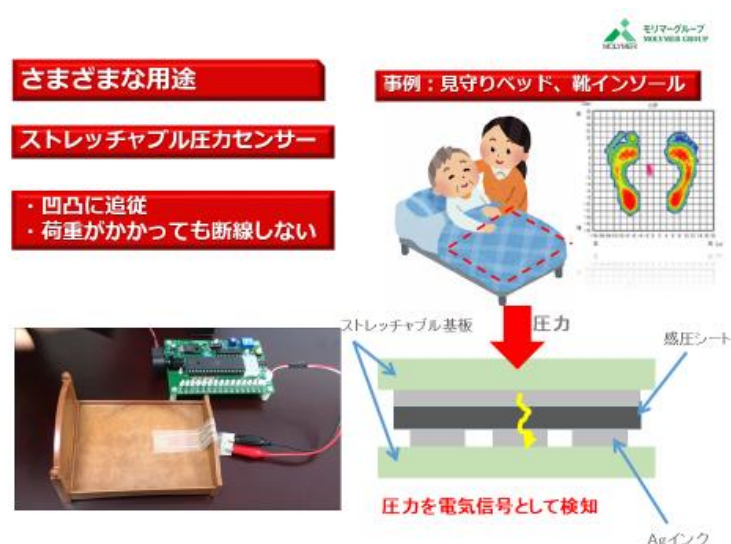


図 4：感圧シートとの併用による圧力センサーとしての利用

感圧シートをストレッチャブル基板上で挟み込むことにより、圧力センサーとして使うことができる。これをベッドにセットすることで、寝返りの検知やユーザーの位置の検知が可能

である。また靴底にセンサーをセットすると、足裏にかかる圧力分布を見ることができる。こうしたセンサーとして機能することは試作サンプルで確認済みであり、既にいくつかの展示会などでもお見せしたとおりである。また、下記は圧力センサー以外での応用例を示す。

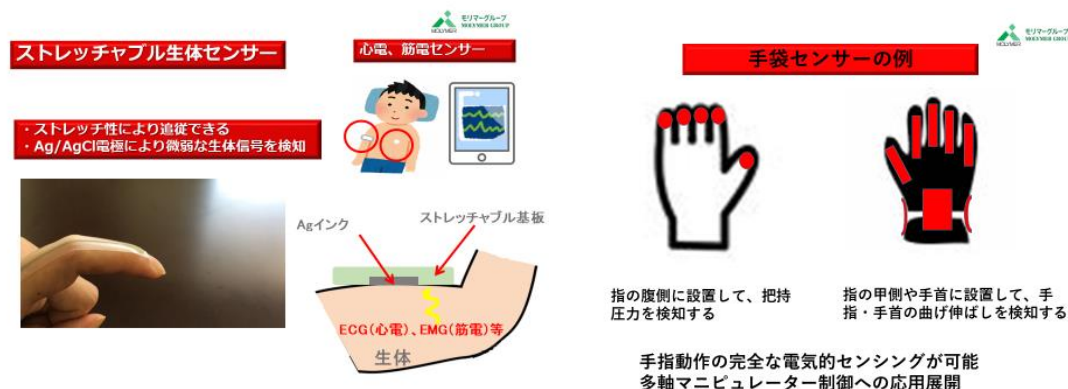


図5：生体センサーとしての利用例

図6：マニピュレーターコントローラーの例

以上例として挙げたように、多方面での活用が期待されるのである。この他にも、我々が想像もしていなかったようなアプリケーションが登場する可能性があると考えている。

4. 今後の展開

以上のように、素材、工法、応用面で、幅広いユーザーニーズにお応えする準備はできたと考えている。今後は、多彩な工法や素材を活かし、製品応用の段階に進む。もし今までにない発想で試作を行いたいというお客様がいれば、是非弊社にご相談いただきたい。

株式会社サトーセン

技術開発部 執行役員 部長補佐 森 久雄

S T S に勤務して約35年、基板製造一筋に技術、開発、品質保証、営業などの各部署を経験する。現在ストレッチャブル基板の開発責任者を務める。

<https://www.satosen.co.jp/>

モリマーエスエスピー株式会社

大阪の商社で、基板材料であるガラス繊維、ガラスクロスなどの販売を行っている。5G時代の幕開けに合わせ、基板販売事業にも取り組みを開始。台湾系企業の高周波基板材料であるガラスクロスなどの開発、販売に注力中。基板、ガラス材料では一般材に加え、高周波対応製品、ストレッチャブル基板、高放熱基板に代表される特殊基板を得意とする。

<https://www.molymer.co.jp/company/group/ssp/>