

# ACP接続技術

電子電装開発センタ 佐川 智春<sup>\*1</sup>・大山 昌紀<sup>\*1</sup>・羽賀 莊一<sup>\*1</sup>・  
川平 哲也<sup>\*1</sup>・石井 崇裕<sup>\*2</sup>  
プリント回路事業部 黒沢 優<sup>\*3</sup>  
LTEC Ltd. 後藤 秀雄・腰原 優智

## ACP (Anisotropic Conductive Paste) Connecting Technology

T. Sagawa, M. Oyama, S. Haga, T. Kawahira, T. Ishii, M. Kurosawa, H. Goto & M. Koshihara

ACP (異方性導電ペースト) は異方導電材料の一種で、回路と回路、または回路と部品等の接続に用いられる。この材料の特徴は、機械的接続と同時に電気的接続をとることができることである。また、導通については異方性 (接続方向の回路同士が導通し、隣接する回路間は絶縁を保つ) という性質を持っており、これらの特徴により、LCDと周辺回路基板の接続等においてコネクタ接続やACF (異方性導電フィルム) 接続からの置き換えが期待されている。

本報では、保存安定性、作業の容易さ等の特徴をもつACPによる接続技術について紹介する。

ACP (Anisotropic conductive paste) is used to connect circuits and parts. It can adhere and conduct at the same time. Heat press bonds it, at this time, it conducts between upper and lower circuits and insulates next circuit to each other. This material is often used for connecting LCD and its surrounding circuit.

We succeeded in developing the connection by ACP. This new technology achieved the higher reliability.

### 1. ま え が き

近年、コストダウンを目的に携帯電話やデジタル機器へメンブレンスイッチが利用される例が増えてきている。その中で、特に液晶ディスプレイ (LCD) 等とマザーボード (PCB) をつなぐ配線材として異方性導電材料 (ACFもしくはACP) が多く用いられている。

当社ではこの技術を活用し、PCキーボード用メンブレンの上下シート接続用途として、ACFを用いた製品化を進めてきたが、このたびACF接続工法に比較して、材料・製造工程においてコストを削減でき耐環境性、保存安定性にもすぐれたACP接続技術を開発した。

本ACP工法ではその樹脂組織によりフィラの流れが少ないため、高絶縁性と接続素材との高密着性を実現できる。

この術はPC用キーボードメンブレンの上下シートの接続のほか、LCDとファイン回路の接続等、電子機器内に搭載されるインターコネクタの製造にも応用でき、今後の拡大が期待される。

本報ではACPの材料、工法、特性等について報告する。

### 2. ACP材料の特性と工法

#### 2.1 ACFとACPによるメンブレンの接続方法

ACFを用いるメンブレンの接続は、接続する一方のメンブレンにACFを挟み込んでもう一方のメンブレンと重ね合わせて熱圧着を行うことで接続を実施する方法である。

一方ACP材料を用いる接続は、接続する片方のメンブレンにACPを塗布して加熱・硬化させることによって膜を形成し、膜形成後に膜面にもう一方のメンブレンを重ねて熱圧着することで接続を行う方法である。この方法ではACFによる方法と比較して、安価な材料を使用できる等によりコストを押さえることができる。また、ACF接続では熱圧着工程での仮接続やACFの保存の難しさ等から熱圧着工程までをすべて当社で実施した製品を顧客に納入していたが、ACP接続では熱圧着工程が容易になる、ACPによる硬化膜が保存安定性に優れている等により、当社では硬化膜の形成までを行った製品を顧客に納入し熱圧着工程は顧客で実施する場合も増えている。

#### 2.2 ACP材料と接続方法

表1にACPの構成と主な材料特性について示す。また対向するメンブレン銀電極間を接続した試料の断面図を図1

\*1 回路技術開発部

\*2 回路技術開発部グループ長

\*3 機構部品技術部

表1 ACPの材料構成と特性<sup>1)</sup>  
Component of material and characteristics of ACP

項目	ACP材料	
構成材料	導電フィラ	金めっき樹脂ボール
	バインダ	合成ゴム系樹脂
	溶剤	トルエン, イソホロン
加工工程	1. インク塗布 (印刷)	
	2. 乾燥	
	3. 熱圧着	
特性	絶縁抵抗	100MΩ以上
	接触抵抗	1Ω以下
	引き剥がし強度	600N/m幅以上
特徴	長所	ゴム系樹脂のために柔らかく、耐折り曲げ性良好 インク乾燥後の寿命が長い 材料費がACFに比べて低い(約1/10)
	短所	導電フィラが大きいため、高精細回路に適用できない ACFに比べて耐熱性に劣る

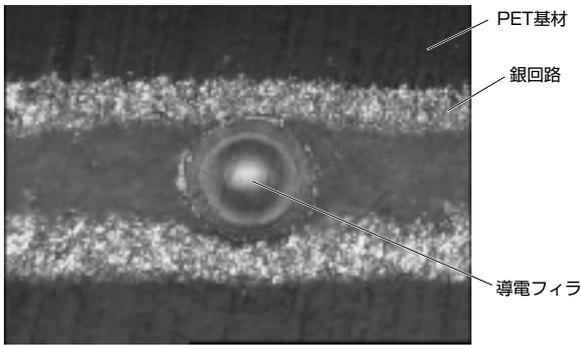


図2 ACP接続部分の電子顕微鏡写真  
Section image of ACP connection area

に、接続部の断面写真を図2に示す。構成は接着剤（バインダ）の中に導電フィラが混合されており、熱圧着により圧着された上下電極は機械的、電気的に接続される。一方、バインダは絶縁体であるため、隣接する回路に存在する導電フィラとの間では絶縁性が保たれている。接着剤には一般的に熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、熱硬化/熱可塑混合樹脂などが用いられており、用途によって使い分けられている。導電フィラには一般的に樹脂ボールに金めっきしたものが使用されており、これは比重を一定にして作業性を向上させる目的をもつ。

この材料の大きな特性として、バインダが柔らかく、耐折り曲げ性に優れていることがあげられる。また衝撃に対しても高い耐久性をもつ。さらにACFと比較して材料寿命が非常に長く、また硬化・成膜後は6ヶ月以上の保存を可能にすることも好ましい特徴の一つである。

### 2.3 工法

#### 2.3.1 工程

図1に示す接続までの各工程の概要を2.2以下で説明する。ACPによる接続においては、ACFによるものと比較して、熱圧着工程における仮圧着が省略できることが特徴であり、このことにより、工程と材料の両方のコストを削減できる。

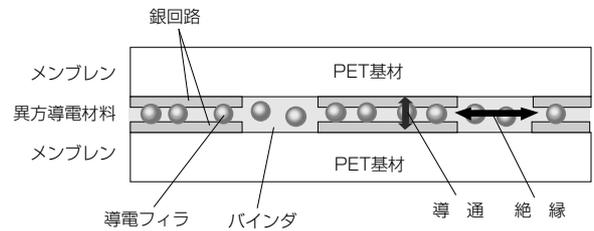


図1 ACP接続部分の断面図  
Section of ACP connection area

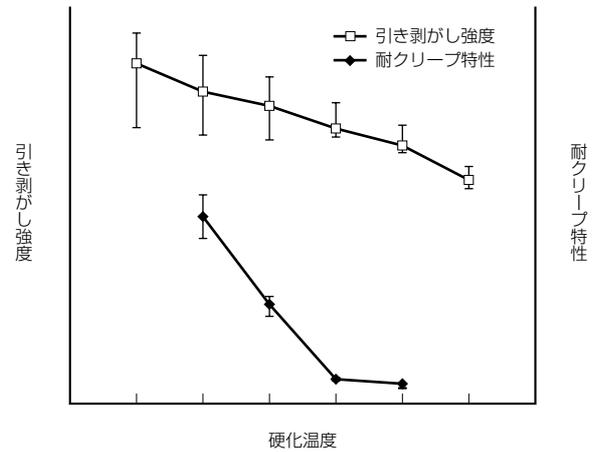


図3 ACP接続部の引き剥がし強度と耐クリープ特性の硬化温度依存性  
Curing temperature dependence of peeling strength and creep property for ACP connection area

#### 2.3.2 ACP塗布工程

ACPによるメンブレンの接続においては、まず接続を行う一方のメンブレンの接続部分に印刷接術によってACPを塗布しACP塗膜を形成する。この塗布工程では、バインダの膜厚、導電フィラの分散度が重要な管理項目となる。膜厚が厚すぎると導電フィラと回路の間にバインダが残留して導電不良となりやすい。逆に膜厚が薄すぎると接着後の回路間隙にバインダが十分に充填されず、そのため回路間隙に残存する気泡が環境条件により膨脹収縮して経時的に導電フィラが回路から剥離することで導通不良が発生する。フィラの分散度については、フィラが密集しすぎていると絶縁性が低下し、逆にフィラが疎であると導通が不安定になる。

#### 2.3.3 硬化工程

ACPを塗布した後、加熱を行うことによってACPを硬化させ膜を形成させる。この成膜工程における加熱温度（硬化温度）、時間（硬化時間）がACPのバインダ部分の凝集力を決定し、圧着後の特性に違いを生じさせる。このためこの工程では、圧着後に形成される回路の特性に合わせて加熱温度（硬化温度）、時間（硬化時間）の条件を調整する必要がある。硬化後メンブレン上には保存安定性の高い硬化膜が成膜される。ACF工程におけるACF

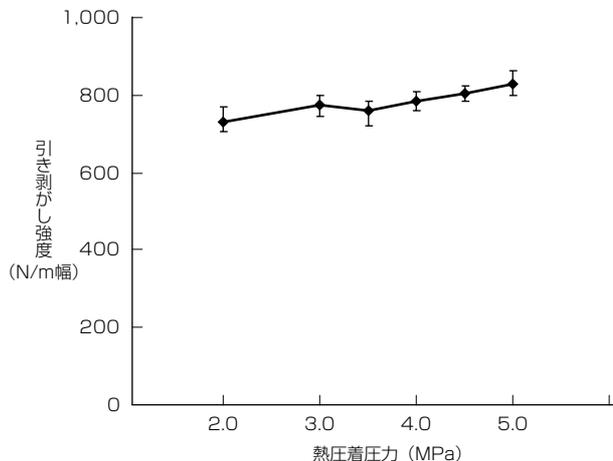


図4 ACP接続部の引き剥がし強度の熱圧着圧力依存性  
Heat pressure dependence of peeling strength for ACP connection area

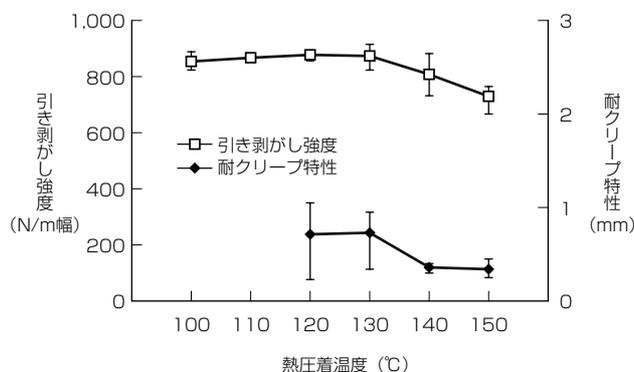


図5 ACP接続部の引き剥がし強度と耐クリープ特性の熱圧着温度依存性  
Heat temperature dependence of peeling strength and creep property for ACP connection area

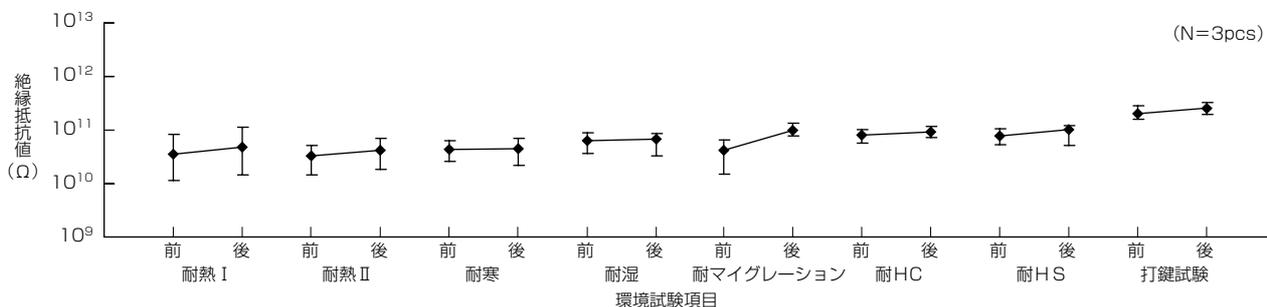


図6 環境試験前後の絶縁抵抗値の変化  
Insulation transition before and after environmental test

の仮圧着工程に相当する工程である。

2.3.4 熱圧着工程

成膜されたメンブレンに接続するメンブレンを対向させて重ね合わせ熱圧着により接着を行う。これによってメンブレン同士が機械的に固定され、なおかつ導電フィラ的作用で導通が実現される。ACF工程におけるセパレータ剥離、本圧着工程に相当する工程である。

3. 塗膜、圧着条件と接続特性

3.1 成膜条件

ACP硬化工程の硬化温度、硬化時間等の条件は熱圧着工程の機械的強度や導電性、さらには保存安定性に大きく影響するため、これらの条件は重要な管理項目である。

図3に硬化温度と引き剥がし強度、耐クリープ特性の関係を示す。ここで言う引き剥がし強度とは、メンブレン回路同士を接続した後の90°引き剥がし強度である。また、耐クリープ特性とは、接続サンプルの0°方向に応力を掛けながら高温雰囲気中に一定時間放置したときの剥れ量である。つまりこの値が小さいほど、耐クリープ特性は良好であるといえる。

引き剥がし強度と耐クリープ特性はともに硬化温度によって変化し、相反する特性である。両者のバランスを考慮した条件設定が重要となる。これは、硬化温度が高くなると樹脂成分の凝集力が増し、熱圧着後の外部応力に対して変形は起きにくくなる一方、メンブレン回路間の密着に対しては強度は低下することを意味する。逆に硬化温度が低くなると凝集力が低下するため、外部応力に対して変形しやすくなる一方、ゴム特性の持つ粘りとして、引き剥がし強度が大きくなるといえる。

硬化時間についても同様の特性を示し、時間を短くすると引き剥がし強度が増す一方、耐クリープ特性が悪くなる。時間を長くすると引き剥がし強度は低下し、耐クリープ特性は増すことになる。

この引き剥がし強度と耐クリープ特性の二つの結果を考慮することで最適条件を決定し、機械的強度に優れた接続を可能にすることができる。

3.2 熱圧着条件

メンブレン回路同士の接続はACP硬化膜を挟み込むようにメンブレンを重ね合わせ、重ね合わせたメンブレンに熱と圧力を同時に加える熱圧着により行う。片方のメ

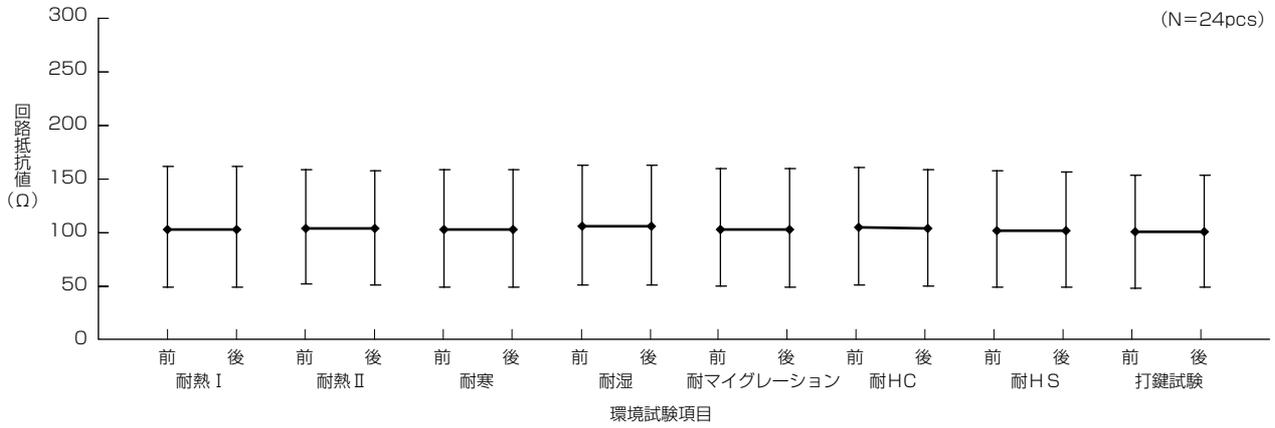


図7 環境試験前後の回路抵抗値  
Circuit resistance before and after environmental test

表2 環境試験の項目と条件  
Type and condition of environmental test

試験項目	試験内容
耐熱 I	+85℃×240hrs
耐熱 II	+130℃×2hrs
耐寒	-40℃×240hrs
耐湿	+60℃, 95%RH×240hrs
耐マイグレーション	+60℃, 95%RH×240hrs (DC5V)
耐ヒートサイクル	-40℃×2hrs↔+85℃×2hrs, 昇降時間2hrsを40サイクル
耐ヒートショック	-30℃×1hr↔+80℃×1hrを25サイクル
打鍵試験	フェノール樹脂打鍵子で、ACP接続部を打鍵、 荷重：1.5kgf, 打鍵速度3回/sec

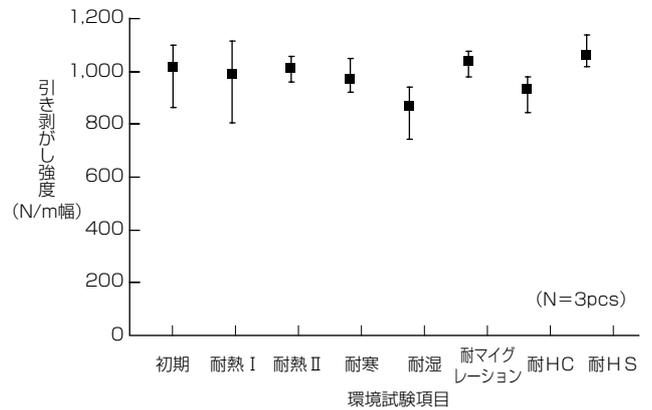


図8 環境試験前後の引き剥がし強度 (初期値を含む)  
Peeling strength after environmental test  
(include the value before environmental test)

ンブレン回路に形成されたACP硬化膜は熱可塑性を持つので、熱と圧力を同時に加えることによってACP硬化膜のバインダ樹脂を溶解させ、他方のメンブレン回路と密着させた段階で再びバインダ樹脂を硬化させて両方のメンブレン回路の機械的・電気的接合を行う方法である。

この工程も硬化工程同様、接続後の製品の特性に大きな影響を与える工程であるが、この工程では、熱圧着の圧力、温度、時間の3つのパラメータを調整する必要がある。ここで、圧力、温度と引き剥がし強度の関係について、図4, 5に示す (温度については、引き剥がし強度と同時に耐クリープ特性の傾向も図示した。)

圧力に関しては増加とともに強度も増していく。また、圧力が大きいほうがより導電フィラが圧縮されて楕円形状になり、生じる反発力が大きくなる。これによって、導電フィラが回路へ接触する面積が増加し、また接着力の増加が見込まれて、接続信頼性が向上する。以上から、圧力は大きい方が望ましいが、メンブレン回路へのダメージを考慮して、適度な条件に設定している。

温度については、上昇とともに引き剥がし強度は低下するが耐クリープ特性は増加する。この2つの特性が一定

のレベルをクリアするように条件を決定した。また、時間に関しては、熱圧着機の温度昇降能力から、温度が安定する最短時間を設定した。

このようにそれぞれのパラメータと特性の関係を調査して、最も優れた特性が得られるような条件に決定した。これにより安定かつ信頼性の高い接続を可能にした。

#### 4. 接続信頼性

##### 4.1 環境試験

前述の結果より決定した加工条件によって接続された製品の耐環境特性を報告する。試験項目と条件を表2に示す。絶縁性 (圧着部隣接線間の絶縁抵抗値)、導通性 (接続回路抵抗値) の試験結果を図6, 7に、機械的強度 (引き剥がし強度) の試験結果を図8に示す。

絶縁抵抗値、回路抵抗値、引き剥がし強度は、初期と環境試験後において共に仕様を満足している。(絶縁抵抗値=100MΩ以上、回路抵抗値=500Ω以下、引き剥がし強度=400N/m幅以上)。各試験後の引き剥がし強度に関しても、初期特性と比較して著しい低下はみられなかった。また特筆すべきこととして、この引き剥がし強度レ

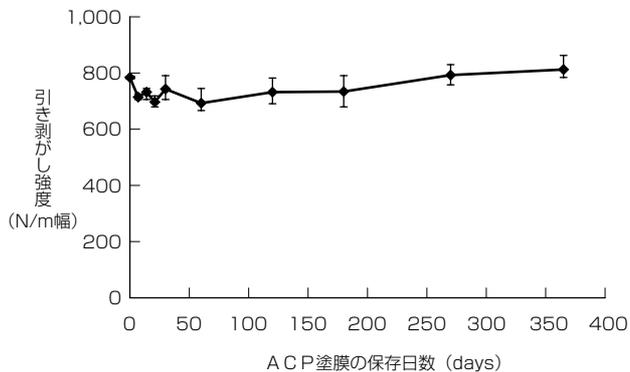


図9 ACP成膜後の経過時間と引き剥がし強度の関係  
Relationship between elapsed time from forming ACP film and peeling strength

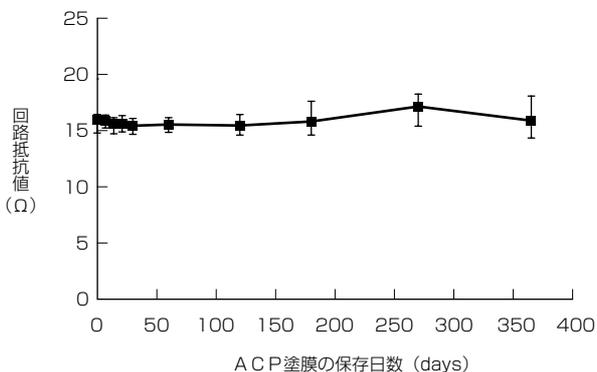


図10 ACP成膜後の経過時間と回路抵抗値の関係  
Relationship between elapsed time from forming ACP film and circuit resistance

ベルの高さがある。通常、ACFの強度は400N/m幅前後であるが、ACPはその2倍以上の値を示しており、ACPへ切り替えることで機械的強度を大きく改善できることが理解できる。

このようにACPはACFと同等、またはそれ以上の特性を示すことが確認でき、ACFと比較した場合のACPの有効性は顕著である。

4.2 保存安定性

当社のACPの特徴として、成膜後の保存安定性がある。現在ACPはLCD基板等からの引き出し回路に多く用いられているが、ACPがこうした用途に用いられる場合、当社からはメンブレンにACP硬化膜を形成したヒートシールコネクタ製品として顧客に納入し、顧客の工程でLCD等の部品とこのヒートシールコネクタ製品との熱圧着が行われる場合が多くある。ACPではACFの仮圧着工程やセパレータが不要である等顧客の製造工程でのメリットも大きいですが、成膜されたヒートシールコネクタ製品が納入されてから熱圧着されるまで顧客で保管されることになり、成膜後のACPの保存安定性もまた非常に重要となる。

そこでメンブレンに硬化膜を形成したヒートシールコ

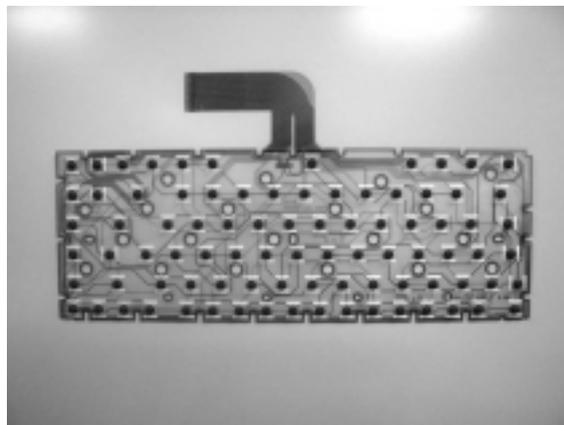


図11 PC用キーボードメンブレン  
Keyboard membrane of PC

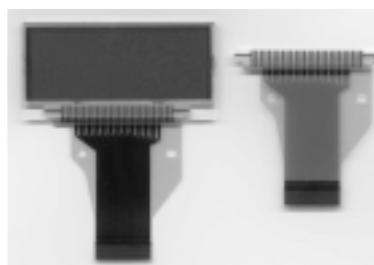


図12 ヒートシールコネクタ  
Heat seal connector

ネクタ製品に対して、硬化膜形成後一定時間常温で放置した場合の特性の変化を調査した。図9に引き剥がし強度、図10に回路抵抗値の推移を示す。

本来ACPは接着剤成分を含んでいるため、湿度に弱い材料であるが、図9、図10の調査結果から、当社で決定した条件で硬化・成膜した場合、1年間放置しても特性の劣化は生じていないことがわかる。このことから、当社で作製したヒートシールコネクタ製品は顧客で長時間保管されたとしても十分な保存安定性が保たれると行うことができる。これは、冷蔵保存が必要でかつ保存期間が短いACF材料の保存特性と比較するとACP管理上の大きなメリットである。

5. ACPを用いた製品の紹介

これまで、PC用キーボードメンブレン(図11参照)に使用することを目的に、このACP接続技術の開発を行ってきた。また、この技術を応用することで、LCDとメンブレンの接続製品(図12参照)への展開が期待されている。特に中小液晶への引き出し回路基板へのコスト低減効果は大きく、今後本技術への要求が拡大すると考えている。

さらに、FPC (Flexible Printed Circuits) 分野でフリップチップ実装に使用されているようなメンブレン上へのチップ実装への応用も可能であると考える。

## 6. む す び

本報で紹介したACP接続技術を用いることにより、今までの接続よりも高い信頼性を実現できる。さらには、顧客を含めた工程の簡略化、材料費の低減により、製品のコストダウンにもつながるものと考えられる。

この技術は、先に述べたヒートシールコネクタや、部品実装等、広く応用が可能な技術である。今後は、当社のR-R製造技術と組み合わせて、より高精細な回路への展開を目指し開発を進めていく。

## 参 考 文 献

- 1) 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