

PF-LCD用ACF接続技術開発

Interconnection Technology Using ACF for PF-LCD

小塚 武*

Takeshi KOZUKA

要 旨

PF-LCD(ポリマーフィルム液晶ディスプレイ)の実装に用いる200 μ mピッチACF(Anisotropic Conductive Film)接続技術を開発した。PF-LCDのベースとなるPF基板に対するACF接続上の主要課題は、熱圧着ストレスによるPF基板上的ITOクラック発生であった。このITOクラックの低減を図るため、低温短時間硬化が可能なバインダーおよび加圧変形特性を改善した導電性粒子を開発し、良好な接続信頼性を得ることができたので紹介する。

ABSTRACT

200 μ m pitch ACF (Anisotropic Conductive Film) connection technology for PF-LCD(Polymer Film Liquid Crystal Display) has been developed. The major subject of ACF is ITO crack by heat stress applied to polymer film. Newly developed ACF binder allows hardening under low temperature in a shorter time. Conductive particle with improved compression transformation characteristic is also developed. As a result highly reliable connection with minimal ITO crack is accomplished.

1. 背景と目的

高度情報化社会の進展の中で、リアルタイムに情報の伝達や欲しい情報を引き出したり新たな情報を入力できる携帯機器(PDA, 携帯電話, Pager等)が急速に普及してきている。

この携帯機器におけるマンマシンインターフェースとなるディスプレイとして、「薄い, 軽い, 割れない」特徴を有するPF-LCD(ポリマーフィルム液晶ディスプレイ)が注目を集めている。

このPF-LCD実装においては、ガラスLCDに用いられているACF(異方性導電膜)では、熱圧着接続温度が高す

ぎてポリマーフィルム基板上的ITO(透明導電膜)にクラックが入るため適用できなかった。このため、PF-LCDモジュールの実装構造としては、比較的低温にて接続可能なヒートシールコネクタを用いてPF-LCDパネルと駆動回路部品との接続を行っていた。今後、PF-LCDを各種携帯機器へ展開するためには、ガラスLCDに対向できる表示品質の確保とともにモジュールとしての低コスト化、実装構造の多様化、表示容量増大に対応した微細ピッチ接続技術開発が必要となる。本稿では、PF(ポリマーフィルム)基板上的ITOパターンに対する接続評価方法とともに200 μ mピッチACF接続を可能としたバインダー、導電粒子開発状況について述べる。

* PFD事業部 技術室
Technology Group, PFD Division,

2. 技術の特徴

2-1 ACF接続部評価方法

2-1-1 接続抵抗測定

一般的なACF接続抵抗測定は、電流源0.1mAあるいは1mAを流したときの電圧測定(4端子法)にて行われている。ここで、PF基板に対して導電粒子分散型の接続部材(ACF、ヒートシールコネクタ等)を熱圧着接続した場合、Fig.1のように抵抗測定電流に対し測定抵抗値が変化する現象が見られた。基本的にLCDは電圧駆動であり、接続部に流れる電流は微少である。このため、低電流領域にて接続抵抗が高い端子においては、接続部での電圧降下が生じ液晶層にかかる実効電圧の低下とともに該当端子の表示が薄くなるという現象を招くことがあった。PF-LCD接続抵抗評価においては、微少電流での接続抵抗評価の必要性から、電流源1 μ Aでの抵抗測定を標準として実施することとした。

なお、接続抵抗評価においては、接続部のITOクラックを接続抵抗値として検出できるようにするため、Fig.2に示すような接続抵抗評価用TEG(Test Element Group)を用い、2端子分の接続抵抗とITOパターンの配線抵抗を含めた抵抗値として測定する構成としている。また、接続抵抗の環境依存性については高温放置、低温

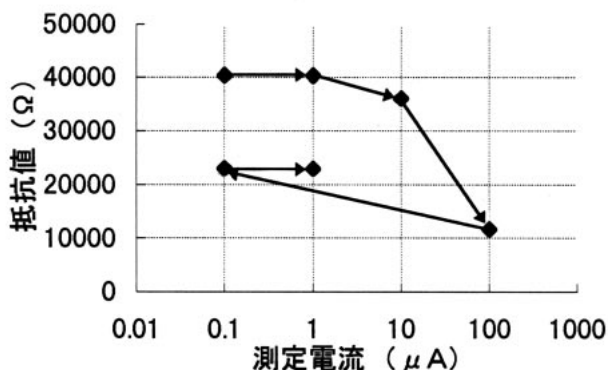


Fig.1 Relationship between the measuring current and connection resistance

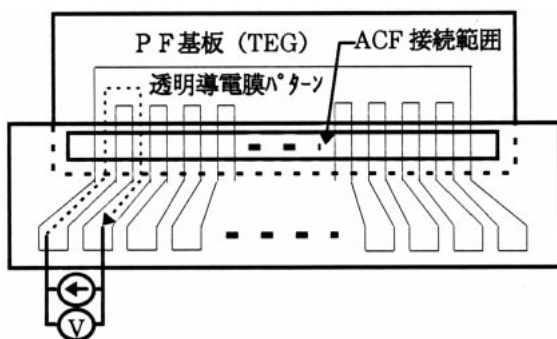


Fig.2 TEG outline for evaluating connection resistance

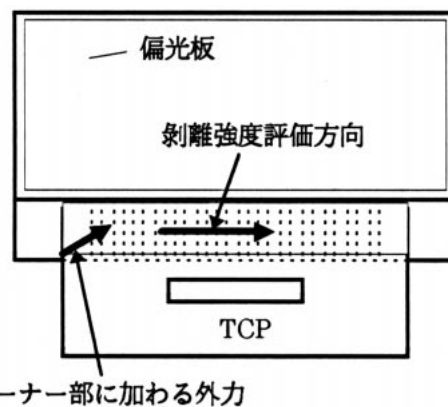


Fig.3 The peeling strength measurement method

放置、熱衝撃等の試験も実施しているが、接続抵抗変化率は高温高湿放置60 90%Rhが最も大きいため、これを標準試験条件として接続抵抗評価結果を報告する。

2-1-2 剥離強度測定方法

ACF接続部の剥離強度評価は、外力により剥離が発生するときの強度測定と位置付けて実施しており、その概要を述べる。

パネルに対しTCP(Tape Carrier Package)等をACF接続した場合、外力が最も加わりやすく、また外力方向に対し接着辺長さが短いコーナー部において最も剥離が発生しやすい。このコーナー部での剥離強度は、熱圧着後の接着剤層厚が同等の電極パターン間強度と同等であると考えられる。このため、剥離強度評価はFig.3に示すように接続幅に対するパターンピッチ方向に引張った時の電極パターン間部での剥離強さを測定より行っている。なお、剥離強度規格値および測定値は電極パターン間部で得られるピーク強度の平均値(X)および標準偏差(σ)より、 $X-3\sigma$ を計算した値としている。

剥離方向：接続部パターンピッチ方向

引張り角度：90°

引張り速度：100mm/min

2-2 ACFバインダー開発

2-2-1 バインダーに対する要求特性

PF-LCDパネルに対するACF接続用バインダー開発の主要な課題は低温短時間硬化が可能なこととともに熱圧着接続時の溶融粘度の適正化とPF基板に対する接着力の向上である。

この溶融粘度の適性化に関しては、導電粒子の圧縮変形特性にも依存するが、熱圧着時のバインダー溶融粘度が高すぎると、導電粒子と電極との間のバインダーが十分に排除できないため接続抵抗の上昇を招くこととなる。特にPF-LCDパネル接続においては、PF基板が熱圧着時の弾性率低下から導電粒子部で基板にへこみが生じる。このため、導電粒子とPF基板上ITOとの間に絶縁膜が残りやすく、ガラスLCDパネル接続以上に接続

抵抗の上昇を招きやすい。一方、溶融粘度が低すぎると、熱圧着時の加重によるTCP(Tape Carrier Package)変形が大きくなるため、加圧解放時にTCPの復元力が接続部界面等に剥離方向の力として加わる。このため、熱圧着直後に接続抵抗の上昇や接続部気泡の発生を招くこととなる。特にPF-LCDパネル接続においては、熱圧着時にPF基板の変形も生じるため、加圧解放時の復元力はガラスLCDパネル接続の場合よりも大きくなる。ここで、加圧解放時の復元力低減のためには熱圧着加圧力を低くすることで可能である。しかし、PF-LCDパネル接続においては、接続抵抗低下のため導電粒子を充分に変形させるだけの加圧力を必要とすることから、導電粒子圧縮変形特性を考慮したバインダーの溶融粘度の適正化が必要となる。

このほか、ガラスLCD用ACF特性として求められているリペア性については、PF-LCDの場合、PF基板上ITOの機械特性等の面から実用上困難であり、優先度としては低く考えている。

2-2-2 熱圧着条件設定

一般的なPF基板の構成はFig.4に示すように、光学的に優れたベースフィルムにガスバリア層、耐溶剤層等を積層した機能分離型基板上にITOを代表とする透明導電膜が成膜されている。現在、リコーにて量産しているPF基板上ITOは、シート抵抗値により低抵抗品と高抵抗品に大別され、LCDパネルの表示容量により使い分けている。このPF基板に対する熱圧着条件は、熱圧ストレスに対しPF基板上ITOにクラックが発生しない範囲にて設定する必要がある。このクラック発生は熱圧着条件からは主に接続部ピーク温度に依存し、PF基板材料面からはベースフィルム、各コート層、ITO膜特性に依存する。さらにACF材料面からは導電粒子の圧縮変形特性に依存する。

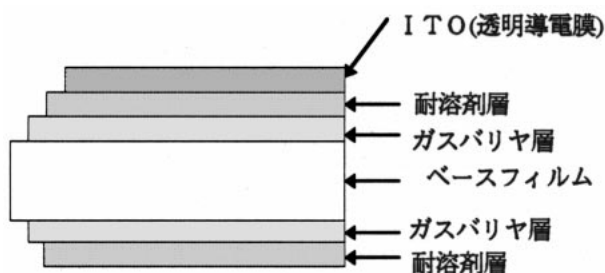


Fig.4 Schematic structure of the polymer film substrate

ここで、PF-LCD用ACFバインダーの開発目標とする熱圧着条件について述べる。接続部ピーク温度はPF基板特性より決まる。PF基板の熱圧着接続限界温度は140程度であるため、量産レベルでの材料、プロセスのばらつき等を考慮すると接続部ピーク温度は更に低く

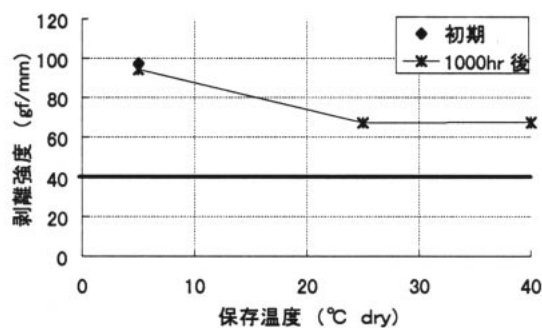
設定する必要がある。また、熱圧着時間はタクト短縮のため極力短くし、加圧力はバインダーの溶融粘度を考慮して設定する必要がある。本開発ではPF-LCDパネル接続用ACFバインダーとして下記熱圧着条件にて接続できるアクリル樹脂を主成分とした熱硬化性バインダーを開発した。

接続部ピーク温度	130 ()
熱圧着時間	10 (sec)
加圧力	2.94(Mpa)

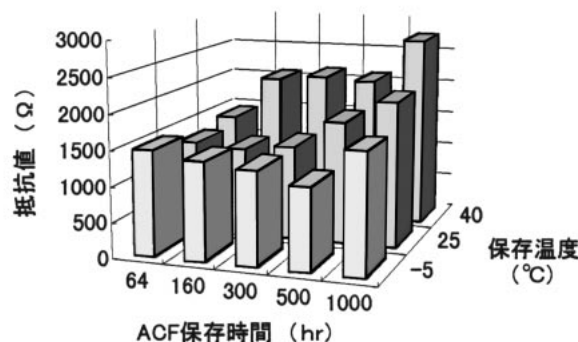
2-2-3 ACF保存安定性

ACFバインダーに対する基本的な要求項目として保存安定性が挙げられる。本開発の低温短時間硬化を可能としたバインダーにおいては、保存温度に対する熱硬化成分の硬化促進による接続信頼性の低下が考えられる。

ACF保存温度に対する剥離強度および環境試験後の接続抵抗評価結果をFig.5に示す。保存温度の上昇による剥離強度の低下および接続抵抗の上昇傾向は見られるが、25 500hr放置後においても良好な接続抵抗信頼性が得られている。これは推奨保管条件5 においては1000日以上保存安定性に相当することから、実使用上問題のないことがわかる。



(a) Peeling strength



(b) Connection resistance after high humidity test

Fig.5 The preservation stability of ACF

2-3 導電粒子開発

2-3-1 ガラスLCDパネル対応ACFの導電粒子

一般的にACF接続における接続抵抗は、導電粒子自体の抵抗値は小さいため、電極上の導電粒子数および電極と導電粒子との接触抵抗に依存する。また、この接触抵抗は導電粒子と電極界面との接触面積に依存する。この接触面積に対する導電粒子径の依存性を考えると、粒子径が大きいほど1個の導電粒子が電極と接触する面積は大きくなる。一方、粒子径が小さいほど接続時に導電粒子と電極界面にかかる圧力が大きくなるので、バインダーの排除性が高くなり接触面積が大きくなる。この相反する接触メカニズムに対し、ガラスLCDパネルへの接続に際しては、この二つの効果が相殺され導電粒子と1電極あたりの総接触面積は導電粒子径にかかわらず同程度であるとの結果をもとに、導電粒子は3~5 μm レベルの小粒径が採用されている。また、この導電粒子構成としては、粒子変形による電極への接触面積拡大を狙い、コア剤としてプラスチック粒子を使い、表面にニッケルメッキ、金メッキが施されているものが用いられている。

2-3-2 PF-LCD対応ACFの導電粒子開発

PF-LCDパネルに対するACF接続においては、電極と導電粒子との接触面積確保とともに、導電粒子部と接触するPF基板上的ITOクラックを低減する必要がある。ここで、導電粒子径については、下記2項目を考慮して20 μm と決定し、接続信頼性向上のための導電粒子特性の改良を行った。

- ・導電粒子径を小さくすると熱圧着時に導電粒子部の電極界面に大きな圧力が加わるため、ITOクラックは発生しやすくなる。
- ・PF-LCDパネルに対する接続ピッチ要求仕様を200 μm と設定する。

PF-LCDパネル接続ACF用導電粒子改良のポイントとしては、熱圧着時の粒子変形を大きくすることにある。これにより、電極に対する接触面積の拡大とともに導電粒子部の電極界面にかかる加圧力を小さくしてITOクラックを低減する。この点に着目して改良した導電粒子の圧縮変形特性をFig.6に示す。一般的なガラスLCDパネル接続用弾性導電粒子に比べ、改良導電粒子A、BTypeともに圧縮力に対する変形量が大きくなっている。この各導電粒子を使用したACFにおいて、PF基板に対し熱圧着接続したときの接続状態模式図をFig.7に示す。従来の弾性粒子ではPF基板への粒子のめり込みが大きくなっている。AType粒子においては粒子のPF基板に対するめり込み量は少なくなっているがPF基板面側の粒子中央部に球形が残っている。これは、熱圧着初期に導電粒子がPF基板にめり込み、基板に対する接触面積が所定以上になった時点より粒子変形が始まっているためと考えられる。一方、BType粒子において

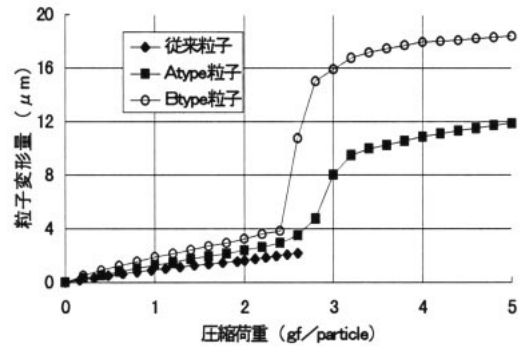


Fig.6 Deformation under compression load of particle

は、PF基板面に対し粒子はフラットに変形しており、ITOクラックは低減されている。このBType導電粒子を採用することにより、ACF接続の難しかった高抵抗PF基板に対しても高い接続信頼性を得ることができるようになった。

なお、導電粒子A、BTypeともポリスチレン樹脂をコア材としてニッケルメッキ、金メッキを施したものである。

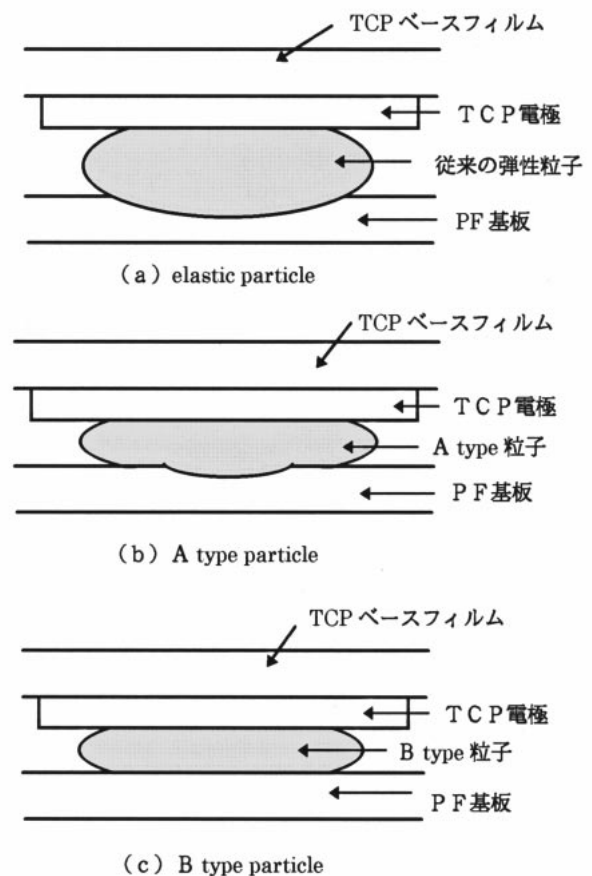


Fig.7 Schematic view of ACF connection for PF substrate

3. 評価と考察

ACF仕様項目としては、導電粒子分散密度およびTCPの各種電極膜厚に対するACF膜厚を決定する必要がある。

3-1 導電粒子分散密度仕様決定

導電粒子分散密度仕様は粒子の分散性を考慮し、隣接パターン間ショート発生防止に対する上限値と接続抵抗信頼性確保のための下限値より決定される。この200 μ mピッチ接続に対する導電粒子分散密度上限下限評価結果をFig.8に示す。パターン間ショート不良発生確率の目標値を 10^{-9} (表示容量VGA(Video Graphics Array)に対する不良率1ppm)とすると、導電粒子分散密度上限値は約600個/mm²と予測できる。一方、接続抵抗信頼性を確保するためには、環境信頼性試験後の接続抵抗上昇端子の上の導電粒子数観察より、1端子当たり5個以上の導電粒子が必要であることがわかっている。この端子上粒子数が5個未満となる不良確率の目標値を 10^{-9} とすると、分散密度下限値は約320個/mm²と予測できる。これより、導電粒子分散密度を上記範囲内に設定することでACF接続部高信頼性を確保することができる。

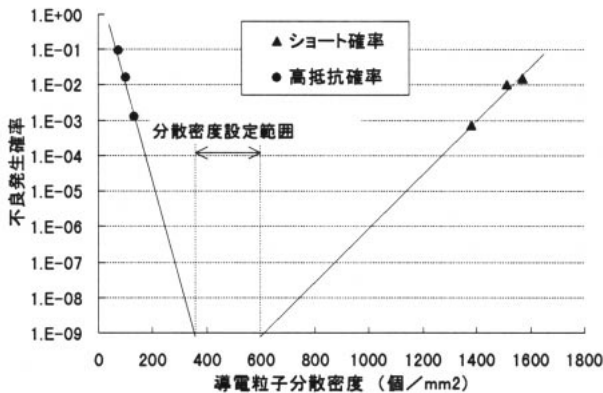
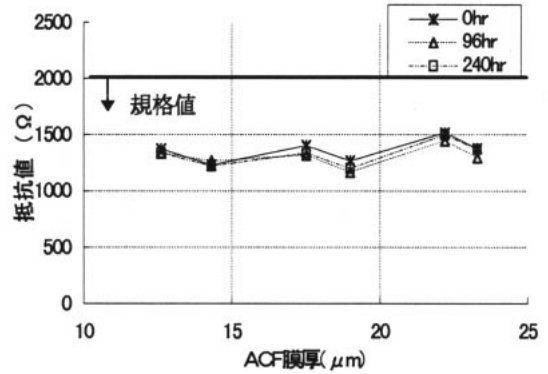


Fig.8 Specification of particle density

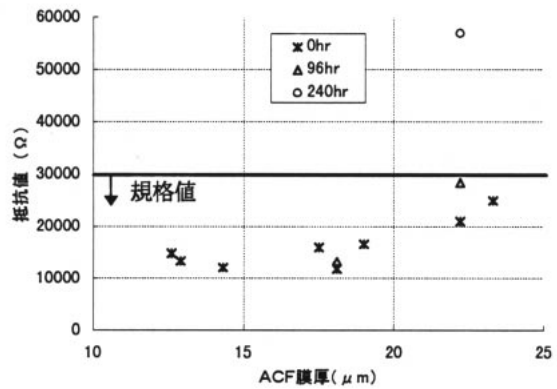
3-2 ACF膜厚仕様決定

ACF膜厚は薄すぎると、接続部気泡発生による接続信頼性の低下を招き、厚すぎると導電粒子と電極との間のバインダー排除性の低下とともに導電粒子の圧縮変形量不足による接触面積低下を招く。このため、ACF膜厚はTCP電極膜厚に対し適切な値に設定する必要がある。ここで、低抵抗PF基板および高抵抗PF基板に対し、電極膜厚22 μ mのFPC(フレキシブル配線板)を接続した場合のACF膜厚適応範囲に関する評価結果をFig.9に示す。低抵抗PF基板に対しては広範囲なACF膜厚に対し接続信頼性を確保できていることがわかる。一方、高抵抗PF基板に対しては、導電粒子径よりもACF膜厚が厚くなると初期から接続抵抗が高くなっており、環境試験

によりその傾向が顕著となる。これは、高抵抗PF基板接続においては、導電粒子と電極との接触面積を大きくする必要があるためと考えられる。ただし、リール状に形成するACF製造工程での膜厚ばらつきは $\pm 2\mu$ mであることから、量産時のACF膜厚ばらつきに対しても、高抵抗PF基板に対する接続信頼性は確保できる。



(a) Low resistance PF substrate



(b) High resistance PF substrate

Fig.9 Reliability of connection resistance in humidity test

このように低抵抗PF基板接続においては、導電粒子変形量が小さくても接続信頼性が得られ、また、TCP電極膜厚35 μ m品に対しても適切なACF膜厚設定により良好な接続信頼性が得られている。一方、高抵抗PF基板に対する本開発のACF接続においては、粒子接触面積を大きくできるように、導電粒子径に対しACF膜厚を薄く設定する必要がある。TCPの標準電極膜厚としては18 μ m品が推奨される。

4. 成果

低温短時間硬化が可能なバインダーおよび加圧変形特性を改善した導電粒子の開発により、PF基板上のITOクラックの低減が図れ、PF-LCDパネルに対する200 μ mピッチACF接続が可能となった。また、本ACFを使用した320 \times 240画素の反射型白黒STN PF-LCDモジュール(Fig.10)においては、60 90%Rh放置500hrおよび70 放置500hr後においても、接続信頼性に問題のないことを確認している。

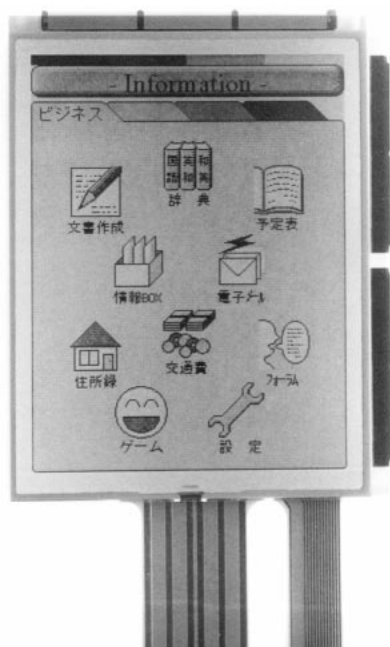


Fig.10 Photograph of 320 \times 240 pixels STN PF-LCD module

5. 今後の展開

今後は各種携帯情報機器用ディスプレイとして、PF-LCDの軽い、薄い、割れないという特徴を最大限に生かしながら、ガラスLCDに対向できる表示の高精細化、マルチカラー表示およびフルカラー表示に向けた更なる微細ピッチ接続技術の開発に注力してゆく。

最後に、本開発を遂行するに当たり、御協力、ご指導をいただきました綜研化学株式会社の皆様、並びにPFD事業部の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 後藤 泰史, 渡辺伊津夫, 小林 宏治: 微細接続用異方性導電フィルム, 月刊ディスプレイ, 2, 8 (1996) pp. 38 - 42