

液晶周辺材料

はじめに

今やコンピューターシステムは情報メディア、解析ツール、制御ツールとして欠くことのできないものになってきています。人間の外部情報認識機能の中で最も敏感で発達してきているものは、視覚であると言われています。従ってディスプレイはコンピューターと人間のコミュニケーションで最も重要なインターフェイスです。

その中で薄型、軽量、低消費電力をメリットとした液晶ディスプレイ（LCD：LIQUID CRYSTAL DISPLAY）は最も有力なディスプレイであるといえます。スリーボンドにおきましても液晶ディスプレイの高生産性や高信頼性に寄与した材料を提案しております。

本稿では液晶ディスプレイのセル化プロセス及び実装プロセスにおいて使用される紫外線硬化性樹脂や異方導電性接着剤などについて説明します。

目 次

はじめに	
1. 電子ディスプレイデバイス	2
2. メインシール剤	4
3. エンドシール剤（封止剤）	5
4. 異方導電性接着剤	5
5. ピンリード固定用樹脂	6
6. ITO電極モールド剤	6
おわりに	8

1. 電子ディスプレイデバイス

1-1. 電子ディスプレイ

電子ディスプレイデバイスとは、一般に各種装置からの各種情報を視覚を通して人間に伝達するデバイスです。このうち、光情報信号が発光により表示されるものを発光形ディスプレイと呼び、その代表的なものがCRT（ブラウン管）になります。また、反射、散乱、干渉現象などによる周囲光の制御、即ち光変調で表示する物を受光形ディスプレイと呼び、その代表的なものがLCD（液晶ディスプレイ）になります。

表1に代表的な電子ディスプレイデバイスの簡単な特性比較を示します。このなかでCRTは依然、表示品質、価格等の点で上位にいますが、小型、軽量で低駆動電圧、低消費電力のフラットパネルディスプレイ（FPD）へのニーズが急増しています。CRT以外の電子ディスプレイデバイスは、このフラットパネル型に分類されます。これらFPDの中でも薄型、軽量のニーズにマッチし、表示品質的にも問題がなく、大幅な成長をしているのが液晶ディスプレイです。

表1 電子ディスプレイデバイスの特性比較

ディスプレイ	CRT	VFD	LCD	PDP	LED	ELP
表示方法	発光型	発光型	受光型	発光型	発光型	発光型
カラー化	フルカラー	赤・黄・緑・青	フルカラー	フルカラー	赤・緑・青	赤・緑・黄橙・青
消費電力	高い 85W	比較的高い 17W	極めて低い 0.7W	比較的高い 35W	低い 5W	高い 13W
重量	重い 7kg	やや重い 3kg	軽い 0.7kg	やや重い 1.3kg	やや重い 1.5kg	やや重い 0.9kg
厚さ	厚い 345mm	薄型 47mm	薄型 14mm	薄型 19mm	薄型 30mm	薄型 26mm
視野角	広い 160°	広い 160°	狭い <40°	広い 120° <	広い 160°	広い 140°
価格	安い	やや高い	やや安い	やや高い	やや安い	高い
大型化	40インチ限界	難しい	難しい	容易	容易	難しい
主要用途	テレビ OA機器	AV機器 自動車インパネ	電卓・時計 OA機器 テレビ	OA機器 FA機器 計測器	屋外表示装置 交通分野	OA機器 FA機器
主要材料	蛍光物質		液晶・色素 半導体薄膜	希ガス 蛍光物質	半導体	EL用蛍光物質

1-2. 液晶ディスプレイとは

普通の物質は融解温度において固体から透明な液体（等方性）に変化しますが、液晶と呼ばれる物質は融解温度において不透明で濁った液体（結晶性）に変化し、その後昇温すると透明状態（等方性）に変化します。この濁った状態を液晶状態と呼び、この性質を利用した電子ディスプレイデバイスを液晶ディスプレイと呼びます。

液晶ディスプレイの駆動方式にも種類がたくさんありますが、ここでは最も一般的なTN型液晶についてその駆動原理を説明します。透明基板電極間に液晶を数μmの厚さに挟み込み、液晶分子を2枚の基板間で約90°連続的にねじれたツイスト配列セルを作成します。このセルに垂直に入射した光はセルを通過中に液晶分子のねじれに沿って90°旋光します。従ってこのセルは偏光板を平行に貼ることにより光を遮断し、また偏光板を垂直に貼ることにより光を透過させる機能を有します。

次にこのセルに電圧を印加すると、液晶の分子（長軸）は電場方向に傾き電場方向と平行に再配列し、90°の旋光性は消失します。従って電圧無印加時の時とは逆に、偏

光板が平行に貼られている場合には光を透過し、垂直に貼ってある場合には光を遮断することになります。図1に偏光板を垂直に貼った場合（ノーマリ白表示）のTNセルの原理を示します。平行貼った場合（ノーマリ黒表示）はこの逆になります。

液晶ディスプレイはさらにねじれ角を大きくしたSTN（SUPER TWISTED NEMATIC）形ディスプレイや一つの画素にスイッチング素子（アクティブ素子）を設けたTFTやMIなどアクティブマトリクスタイプのディスプレイなどがあります。

これら液晶ディスプレイ市場のさらなる成長の問題点にコストとCRTと同等以上の画質を出すための高精細化への対応が挙げられます。コストについては生産性の向上と歩留まりの向上の2点が考えられます。また、高精細化への対応としては歪や位置ズレなどの原因となる加熱工程の低減や実装技術の向上が考えられます。この考え方に基づいた液晶ディスプレイに用いられる材料の方向性を図2に示します。

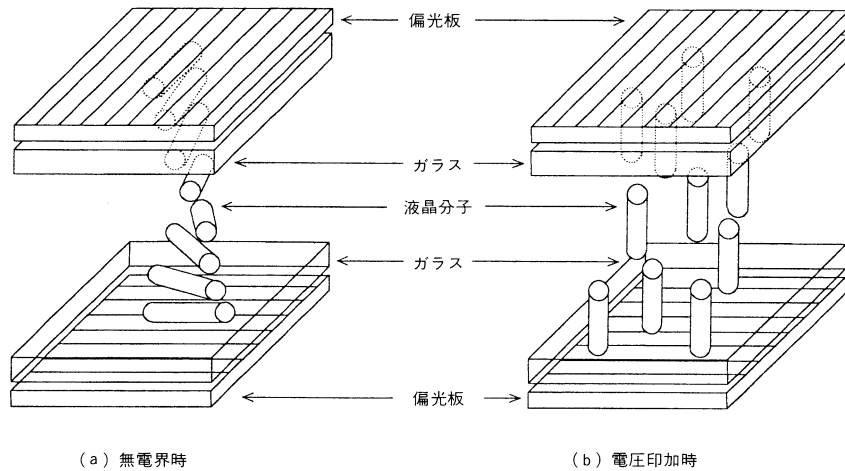


図1 TN方式液晶セルの構成

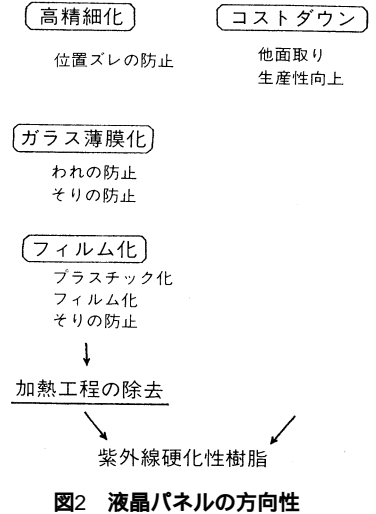


図2 液晶パネルの方向性

1-3. 液晶ディスプレイ製造工程

液晶ディスプレイのどの部分にどのように接着材料が使用されるかを説明するために、簡単にその製造工程を説明します。

一般的な製造工程を図3に示します。まず上下2枚のガラス基板があり、下の基板にTFTなどのアクティブ素子を形成します。これは半導体のシリコンウエハの製造工程とほとんど同じになります。そして反対側の基板にはカラーフィルターが形成されます。この上下基板に液晶分子を配向させるための配向膜（ポリイミド膜）を形成し、この配向膜をこするラビング処理という工程を行います。次にスクリーン印刷、またはディスペンサー塗布によってメインシール剤を印刷します。その後ガラス基板間の厚さを一定にするため、スペーサー材を散布し、上下基板を貼り合わせて位置合わせをした後、仮止めます。最近ではこの仮止めに紫外線硬化性樹脂を使用するケースが増えてきています。この後メインシール剤が熱硬化の場合には十数枚のパネルを治具に入れ、圧力をかけながら熱硬化させます。液晶を真空注入後、紫外線硬化性樹脂により封止します。その後液晶を再配列させるための等方性処理（加温）した後、カットを行いセルができていきます。（図4）

このパネルを洗浄し、TAB基板をパネルの上下外周部の実装端子パターンを異方導電性接着剤（ACF）を介して接続します。次にパネルの点灯検査を行い、パネル周辺部の

実装部分にパネル端子の電食防止、端子間のリーク防止のためにモールド材を塗布します。この後回路基板に取り付け、シールド板を取り付けてパネルとしての検査を行い完成します。

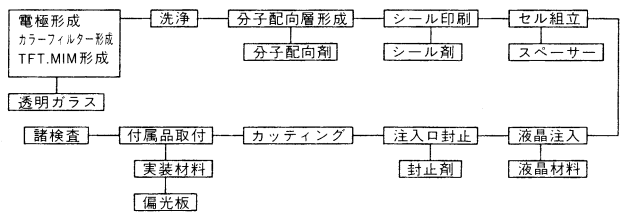


図3 LCDの一般的な製造工程

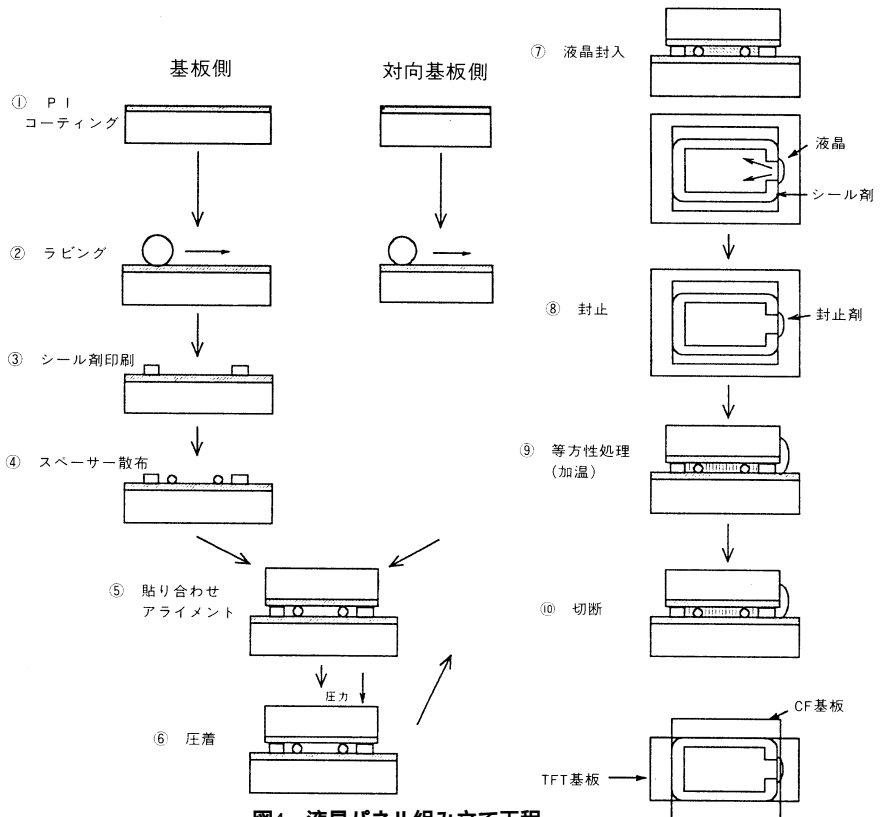


図4 液晶パネル組み立て工程

2. メインシール剤

2-1. 現行工程の問題点

メインシール剤としては現在は一液溶剤型熱硬化性エポキシ樹脂が一般的に使用されています。このメインシール剤はスクリーン印刷後、溶剤揮散のためのプリベーク(90 × 1時間)の後、貼り合わせ、治具を用いて固定し、150 × 2時間の本硬化を行います。この現在の工程の問題点を以下に挙げます。

溶剤揮散による増粘

熱硬化のため、パッチ処理

貼り合わせ治具などに必要な消耗品

熱硬化による位置ズレやガラス基板の歪み

2-2. 紫外線硬化性メインシール剤の利点

そこでスリーボンドでは、紫外線硬化性メインシール剤による生産性向上と高精細化への対応を提案しています。図5に紫外線硬化性メインシール剤スリーボンド3025とスリーボンド3025Bの熱硬化性メインシール剤との工程比較を示します。紫外線硬化後、熱硬化するスリーボンド3025Bにおいて加圧するのは、紫外線照射時の数秒だけで、アフターベーク(90 × 1時間)の際には加圧治具は一切必要ありません。また、スリーボンド3025においては加圧しながらの数秒の紫外線照射で空セルが組み立てられるため、熱硬化によるガラス基板の歪みなどの心配がありません。最近ではフィルムタイプやハードプラスチックタイプの液晶パネルなどが検討され、熱工程の不要な紫外線硬化性メインシール剤の利点が生きてきています。

また、液晶ディスプレイの製造工程では静電気を非常に嫌うため、できる限りパネルをこする工程を少なくする方向にあります。そこで最近ではスクリーン印刷による塗布ではなく、非接触のディスペンサーによる塗布が検討されています。無溶剤である紫外線硬化性樹脂はこのディスペンサーにも対応が容易であるということが言えます。

2-3. メインシール剤に求められる物質

スクリーン印刷性

スクリーン印刷によりきれいな直線性が維持され、またスクリーン印刷後も数時間のレベルで同じ状態が維持されなければなりません。このことはディスペンサー塗布においても同様です。

速硬化性

紫外線硬化で熱が不要とは言ってもアクティブ素子などには紫外線による劣化があると言われていています。また、紫外線照射による熱の影響もあるため、可能な限りの速硬化が要求されています。

寸法安定性

液晶ディスプレイはある一定のギャップ厚が要求されています。そのためメインシール剤も硬化時はできる限りの低硬化収縮が要求され、また硬化後も膨潤や収縮のないことが要求されます。

高純度

液晶パネルは不純物に対しては非常にデリケートにできています。未硬化時はもちろん、硬化後においても不純物がメインシール剤からでることは許されません。そこで加水分解性のイオン濃度や抽出液の電気伝導度を測定することによって可能な限りの高純度品を追求しています。

透湿度

液晶パネルは湿度に対して非常に敏感なデバイスです。液晶分子はその湿度からメインシール剤によって守られています。つまりメインシール剤には湿度をできるだけ通さない材料が要求されます。実際に一般の紫外線硬化性樹脂(透湿度200g/m²・24h)と比較してもスリーボンド3025などは大きく低減されています。

表2にスリーボンド3025とスリーボンド3025Bの簡単な物性を示します。

表2 メインシール剤 性状及び物性

試験項目		ThreeBond3025	Threebond3025B	備考
タイプ		UV	UV + IR	
硬化条件		3000mJ/cm ²	1500mJ/cm ² + 90°C × 1h	照度 100mW/cm ²
外観		乳白色液体	乳褐色液体	3TS-102
粘度	Pa·s {P}	80 {800}	40 {400}	3TS-203
比重		1.42	1.34	3TS-211
硬度	JIS D	90	95	3TS-387
ガラス転移点	°C	95	95	3TS-392
煮沸吸水率(2h)	%	0.1	1.0	3TS-607
透湿度	g/cm ² ・24h	7.0	6.9	JIS Z-0208
硬化収縮率	%	6.5	3.2	3TS-365
体積固有抵抗	Ω・cm	8.0 × 10 ¹⁴	1.0 × 10 ¹⁴	3TS-405
表面固有抵抗	Ω	5.0 × 10 ¹⁴	5.0 × 10 ¹⁴	3TS-405
誘電率 1MHz	20°C 120°C	4.11 4.38	3.92 4.26	JIS K-6911
誘電正接 1MHz	20°C 120°C	0.032 0.030	0.017 0.017	JIS K-6911
剝離接着力				
コーニング7059	kgf	2.0	2.0	
ITO付7059		1.3	1.1	
イオン濃度 PCT × 24h抽出	Cl ⁻	10	50	3TS-369
	Na ⁺	3	3	
	K ⁺	1	1	
電気伝導度	μS/cm	30.0	30.0	

硬化方法

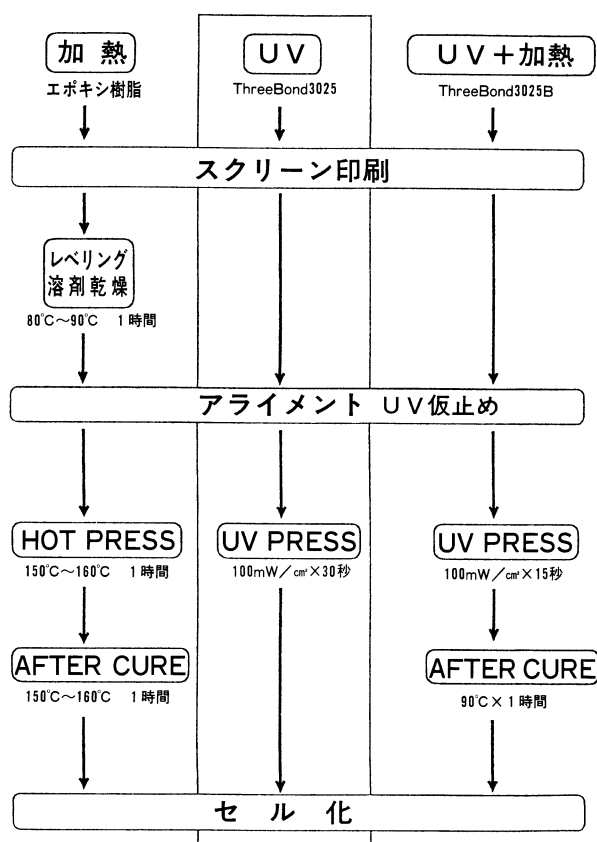


図5 液晶セル組立工程比較図

表3 エンドシール剤 性状及び物性

試験項目		ThreeBond3026	備考
外観		乳白色液体	3TS-102
粘度	Pa·s {P}	15 {150}	3TS-203
硬度	JIS D	90	3TS-387
硬化収縮率	%	6.1	3TS-365
剪断接着力	MPa {kgf/cm²}	7.0 * {71.4}	3TS-310
ガラス転移点	°C	80	3TS-392
熱膨張係数	1/°C	6.3×10^{-5}	3TS-392
透湿度	g/m²·24h	36.0	JIS X-0208
イオン濃度 PCT×48h抽出	Cl ⁻	100	3TS-906
	Na ⁺	3	
	K ⁺	1	

*は材料破壊を表す

3. エンドシール剤（封止剤）

3-1. 現状

封止剤には以前から紫外線硬化性樹脂が使用されてきました。これは紫外線照射で短時間のうちに硬化し、メインシール剤ほど信頼性がシビアではないという理由からです。しかし、最近ではメインシール剤や封止剤から実質画像までの距離が短くなったことやメインシール剤に紫外線硬化性樹脂が検討され、封止剤についても同様な特性が要求され始めたため、高信頼性の封止剤に対する要望が高まってきました。

3-2. 封止剤に要求される特性

封止剤に要求される特性は基本的にはメインシール剤と同様です。しかし、封止剤は未硬化状態で液晶材料と直接接触するため、メインシール剤にはない特性が要求されます。

未硬化時に液晶と混合しないこと

硬化時に液晶と混合しないこと

の場合は液晶材料と相溶する低分子量材料を使用しないことが考えられます。

の場合には可能な限り、硬化性を速くすること、硬化時のアウトガス量を少なくすることが考えられます。特に後者の場合、照射機の照度を高くすることによって硬化時のアウトガス量が少なくなることが知られていますので、ユーザー各位にご協力をお願いしております。

表3に上市していますエンドシール剤スリーボンド3026の簡単な一般特性を示します。

4. 異方導電性接着剤

4-1. 現状

液晶ディスプレイの透明電極と駆動回路との電気的接続、物理的接合に用いられるものとして異方導電性接着剤があります。透明電極材料としては現在ITOがほとんどであり、ハンダなどの金属材料では金属共晶できず、有機材料による接着剤が用いられています。

有機材料による接着剤としては、ゼブラゴム、ヒートシールコネクタ、異方導電性ペースト、異方導電性フィルムが用途別に使用されています。

ゼブラゴムはそれ自体接着性がなく、機械的圧接により接合されます。また、位置合わせ、接合方式から微細なピッチには使用できません。

ヒートシールコネクタは熱圧着により接合されます。これも構造から微細なピッチには使用できません。

異方導電性ペーストは印刷（シルクスクリーンなど）、乾燥、熱圧着の工程で接合されます。印刷によるので、電極サイズ、電極厚みなど、使用範囲が広がります。但し、導電粒子の凝集、存在確立から微細ピッチには不向きです。

異方導電性フィルムは仮圧着、本圧着（熱圧着）の工程で接合されます。現在液晶ディスプレイの駆動ICを接合する方式として主流のTAB方式に使用されています。熱硬化材料（エポキシ樹脂）の使用により、0.1mmピッチ以下の接合も可能となります。

以上が使用されている主な材料です。

4-2. 異方導電性接着剤に要求される特性

近年、液晶ディスプレイの高精細化が確立されつつあり、コスト面、パネルメーカーの独自性を出すという方向に主題が移行してきました。コスト面では生産性の向上、部材の低価格化が求められ、独自性という面ではガラス基板に代わる有機材料の検討が活発になされています。

スリーボンドでは現在、異方導電性ペースト（スリーボンド3370G）異方導電性フィルム（スリーボンド3370C）を上市しています。両者共に熱可塑タイプの樹脂に導電フィラーを分散させたもので、主要特性を表4に示します。異方導電性ペーストでは有機材料によるフィルム型LCD対応、異方導電性フィルムでは超微細ピッチ対応の開発を進めています。

5. ピンリード固定用樹脂

5-1. 現状

民生タイプのパネルはほとんどがこのピンタイプであり、また生産量も非常に多くなっています。そのため、ピンリードの固定に用いられる樹脂は、速硬化タイプの紫外線硬化性樹脂が一般的です。ピンタイプのパネルはとにかく生産性が最も重要になるので作業性（粘度）と硬化速度は重要な特性になります。

5-2. 要求される特性

着色系であること

ほとんどのメーカーで塗布確認のため、着色系の樹脂を要求されています。

速硬化であること

低硬化収縮率であること

近年、ガラス基板の厚みが薄くなってきているため、収縮による歪み、割れの問題が発生しています。そのため、硬化時の収縮は小さく、できる限りガラス基板に対して応力を小さくする必要があります。

低温特性に優れること

と同様の理由で低温時の応力がかかって歪み、割れが発生しないようにする必要があります。

熱時接着力

ピンタイプの場合、車載用などに用いられるケースが多いため、熱時の接着力が要求されます。

高純度

メインシール剤ほどではありませんがリークなどの原因となるため、ある程度の高純度品が要求されます。

表5にピンリード固定用樹脂スリーボンド3050の特性を示します。

6. ITO電極モールド材

6-1. 現状

ITO電極を防湿の目的で保護コートしていますが、現在一般的に使用されているのは高純度のシリコン樹脂です。シリコン樹脂は一般的に透湿度が高いことで知られていますが、呼吸機能があるため水分が界面で溜まることなく、パネルに対して悪影響を与えないというのが現在シリコン樹脂が使用されている理由です。しかし、硬化に時間がかかるため、速硬化の紫外線硬化性モールド剤が検討されています。

6-2. モールド剤に要求される特性

高純度

直接ITO電極に接触するため、高精細が進む最近ではさらなる高純度品が要求されています。

低硬化収縮率

ピンリード固定用樹脂と同様にガラス基板の歪み、割れの原因となるため、低硬化収縮率が必要です。

リペア性

異方導電性接着剤と同様にある程度のリペア性は必要です。

表6に紫外線硬化性モールド剤スリーボンド3006Bの特性を示します。

他にもスリーボンドでは、静電気対策の導電性粘着シートや上下基板の導通剤、メインシール剤本硬化前の仮止め剤、パネルとケースの接着剤、PDL C用バインダーなど様々な材料を提案しております。

表4 異方導電性接着剤の基本特性

商 品 名		ThreeBond 3370C	ThreeBond 3370G
性 状	タイプ	一般ファインピッチ用	溶剤揮散型
	外観	灰色透明フィルム状	灰色ペースト状
	主成分	熱可塑性樹脂	熱可塑性樹脂
	導電フィラー	樹脂メッキ粉 (8 μm)	樹脂メッキ粉 (8 μm)
	シートの構成	3層 (離型フィルム付き)	-
	フィルム厚	35 ± 5 μm	-
	仕様	3, 4, 5 mm幅 × 30m	70 ± 20Pa・s
基本 特性	接続抵抗	1 ~ 5 Ω (FPC / PCB) (0.3mmピッチ, 3mm幅)	20 Ω 以下 (FPC / ITO) (0.3mmピッチ, 3mm幅)
	線間絶縁抵抗 (くし歯0.2mmピッチ × 100, DC10V)	10 ⁸ Ω 以上	10 ⁸ Ω 以上
	使用可能最小導体幅	0.1mm (0.2mmピッチ)	0.1mm (0.2mmピッチ)
	接着力	500N/m	500N/m
使用 方法	圧着温度条件	130 ~ 150°C (140°C)	150 ~ 160°C (150°C)
	圧着時間条件	10 ~ 30sec. (20sec.)	10 ~ 30sec. (20sec.)
	圧着圧力条件	2.9MPa	2.9MPa

注：使用方法中の () 内は推奨条件
 ThreeBond3370Gの成膜条件 印刷条件……60~100メッシュ
 乾燥条件……120°C × 10~20min.

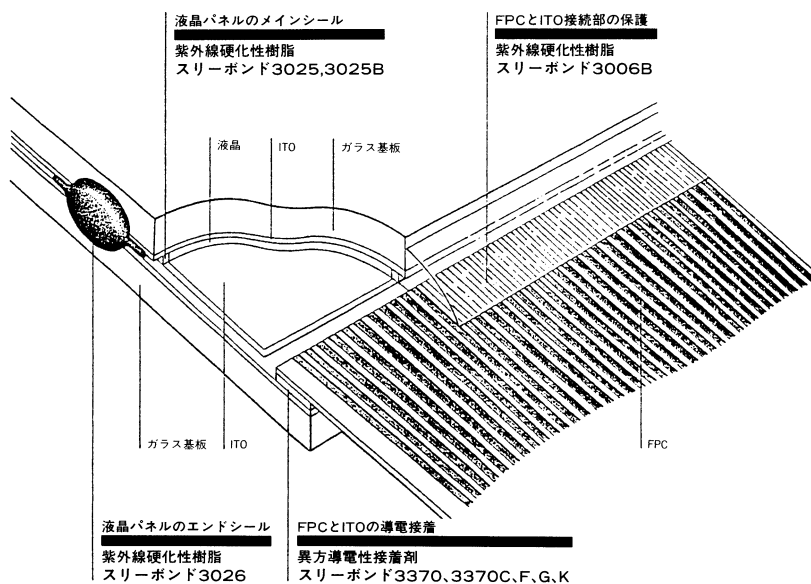
表5 ピンリード固定用樹脂 性状及び物性

試 験 項 目		ThreeBond3050	備 考
外観		青色透明液体	3TS-102
粘度	Pa・s {P}	5.5 {55}	3TS-203
比重		1.08	3TS-211
硬度	JIS D	65	3TS-387
吸水率	%	2.0	3TS-365
伸び率	%	230	3TS-311
引張強度	MPa {kgf/cm ² }	34.3 {350}	3TS-311
ヤング率	MPa {kgf/cm ² }	118 {1200}	3TS-311
剪断接着力	MPa {kgf/cm ² }	7.0 * {71.4}	3TS-351
ガラス転移点	°C	66	3TS-310
熱膨張係数	/°C	1.18 × 10 ⁻⁴	3TS-396
誘電率 1MHz		4.933	3TS-396
誘電正接 1MHz		0.0598	JIS K-6911
体積固有抵抗	Ω・cm	6.10 × 10 ¹¹	JIS K-6911
表面固有抵抗	Ω	1.27 × 10 ⁹	JIS K-6911

* は材料破壊を表す

表6 モールド剤 性状及び物性

試 験 項 目		ThreeBond3006B	備 考
外観		乳白色液体	3TS-102
粘度	Pa・s {P}	2.2 {22}	3TS-203
硬度	JIS D	55	3TS-387
硬化収縮率	%	6.5	3TS-365
伸び率	%	100	3TS-311
引張強度	MPa {kgf/cm ² }	15.6 {160}	3TS-351
ヤング率	MPa {kgf/cm ² }	29.4 {300}	3TS-311
ガラス転移点	°C	80	3TS-396
熱膨張係数	/°C	6.3 × 10 ⁻⁵	3TS-396
イオン濃度 PCT × 48h抽出	Cl ⁻	20	3TS-906
	Na ⁺	6	
	K ⁺	1	



液晶ディスプレイとスリーボンド商品

おわりに

液晶ディスプレイ業界はその市場規模を広げて行くためにも、高スループット化、高歩留まり化を今後も目指していくことになります。また、技術的には高精細化、ガラス基板の薄膜化、フィルム化、P D L C（高分子分散型液晶）が当面の目標になっていくでしょう。そのためにも樹脂材料はエポキシ、シリコンの低温速硬化、或いはUV化へと移行していくことが考えられます。

株式会社スリーボンド 開発部電気事業開発グループ

富岡 英一

堀江 賢一

三浦 秀文

