Introduction of the liquid crystal display engineering (Ⅱ)

液晶ディスプレイ工学概論 (第2回)

鈴木 八十二

Yasoji SUZUKI

5. 液晶ディスプレイの特性変遷

液晶ディスプレイの特性変遷の中で透過率向上化や高視野角化、そして低反射化技術など視認性に関連した技術を要素技術としてとらえ、前章にて述べてきた。³⁶ここでは、これら要素技術を取り入れながら製品がどのように変わってきたかを眺め、今後の液晶ディスプレイの性能変遷をみていく。

5-1. 液晶ディスプレイの性能変遷

液晶ディスプレイの性能は時の流れと共に図25～27に示すように大きく変遷してきた。今、パソコン用10.4インチVGA用TFT-LCDを例にとると、その消費電力は'91年頃10W前後であったが、現在、2W前後と低消費化されている。この改善の一つには用いる光源であるバックライトが2灯式より1灯式へ、しかも、4mmφ管であったものが2mmφ管へと技術進歩があり、バックライトの性能向上が大いに寄与したからである。勿論、駆動系回路(ドライバIC/LSI)等の低消費電力化、例えば、電源電圧5Vから3.3V化への低電圧駆動化なども寄与している。

また、重さは'91年頃1000g前後であったが、現在、400g前後へ軽量化されている。この軽量化の一つには用いるガラス基板の厚さが1.1mmより0.7mmへと薄くなり、

図25. 液晶ディスプレイの消費電力トレンド

図26. 液晶ディスプレイの重量トレンド

図27. 液晶ディスプレイの厚さトレンド

液晶パネルの軽量化に大きく寄与したこと、さらに、バックライトの軽量化や鉄製パネル枠(ベゼル)のアルミニウム化による軽量化などによるものである。

重さと共に問題となるのが液晶パネルの厚さである。この厚さも前述した部品・材料等の改良により'91年頃12mm前後であったが、現在、7mm前後と薄くなり、スリム化している。

以上の製品変遷は10.4インチVGA用TFT-LCDの例であり、画面サイズが大型化し、解像度がVGAからXGA、SXGAなどへ高解像度化(多画素化)すると、その性能は大きく変わる。

5-2. 液晶ディスプレイの解像度と画素ピッチ

液晶ディスプレイの解像度とは 画面に表示する情報量を意味している。この解像度の大きさによって液晶ディスプレイは 表4のようなニックネームが付けられている。例

表4. 液晶ディスプレイの解像度とパネル呼称

画 像 表 示 規 格	呼 称	解像度	アスペクト
Color Graphics Adapter	C G A	320x 200	8 : 5
Enhanced Graphics Adapter	E G A	640x 350	64 : 35
Video Graphics Array	V G A	640x 480	4 : 3
Super Video Graphics Array	S - V G A	800x 600	4 : 3
eXtended Graphics Array	X G A	1024x 768	4 : 3
Engineering Work Station	S P A R C	1152x 900	32 : 25
Super eXtended Graphics Array	S - X G A	1280x1024	5 : 4
Ultra.eXtended Graphics Array	U - X G A	1600x1200	4 : 3
High Definition TV	H D - T V	1920x1080	16 : 9
Quadable eXtended Graphics Array	Q - X G A	2048x1536	4 : 3

えば、VGA とは Video Graphics Array と呼ばれるが、その画素数は 640×480 となり、約 30 万画素である。しかし、実際には 3 原色 (R G B) があるために 640×480×3 となり、約 100 万サブ画素の液晶ディスプレイである。前者の 30 万画素分は ピクセル (Pixel) と呼ぶが、後者の 100 万サブ画素分はサブピクセル (Sub-Pixel) と呼んでいる。

このように VGA 用 TFT-LCD では約 100 万個の薄膜トランジスタ (TFT) が配列されていることになる。また、XGA 用 TFT-LCD では約 240 万個、SXGA 用 TFT-LCD では約 400 万個の薄膜トランジスタ (TFT) が液晶ディスプレイ内に配列されており、超 LSI と同じような集積化がなされていることになる。

さて、解像度を上げることは 高精細化することであるが、視認性 (見やすさ) を考慮すると、画面サイズを大きくする必要が生じる。つまり、解像度と画面サイズとの関係を画素ピッチにて表現してみると、表5のようになり、視認

性 (見やすさ) の点において表中の [] 内値で表したピッチ (0.22~0.33 mm) が比較的に見やすい。³⁷

5-3. 液晶ディスプレイの製品ロードマップと市場動向

液晶ディスプレイは 低消費電力、軽量薄型などの特徴から携帯用電子機器の情報出力装置として急激に伸長したディスプレイ素子であり、その特徴からノートブックパソコン市場を制覇してきた。

1995 年代においては 図 28 に示すように 10 インチクラスのノートブックパソコンの出力表示装置として使われてきたが、一昨年暮れ頃から昨年にかけて 12.1 インチクラスのメガノートブックパソコン用ディスプレイ素子として用いられ始めており、解像度も VGA より SVGA、XGA、SXGA へと高解像度化 (多画素化) している。勿論、モニター市場への参画もスタートし、画面サイズが 15 インチ~20 インチへと大型化し始めている。モニター機器への応用となれば、個人使用のパソコン応用と異なり、視野角は広くないと使用しにくい面がある。したがって 必要な要素技術として前章にて述べた広視野角化技術等の導入が不可欠となる。

この軽薄短小型液晶ディスプレイの用途別市場を見ると、³⁸ 図 29 のようであり、何と言ってもパソコンへの応用が中心である。ここ 1 年間における液晶ディスプレイメーカーからの TFT-LCD 新製品の発表事例を見てみると、表 6 となり、³⁹ 14 インチ~23 インチクラスのモニター応用が出揃い始めている。その特徴は ±70° の広視野角性能を持ち、200 cd / m² 前後の高輝度パネルになっている。

この液晶ディスプレイの世界需要市場を見ると、図 30 に示すもので、2000 年には 2 兆円産業へ、2005 年には 4 兆円産業へ急成長が見込まれている。⁴⁰ また、他のフラットパネルディスプレイ (Flat Panel Display 略して FPD) とのすみ分けは 図 31 に示すものであり、⁴¹ 液晶デ

表5. 液晶ディスプレイの解像度と画素ピッチ

(注) 単位 [mm]								
	10.4"	11.3"	11.7"	12.1"	13.8"	14.5"	14.8"	16.1"
V G A (640x 480)	[0.330]	[0.359]	0.372	0.384	0.438	0.460	0.470	0.511
S - V G A (800x 600)	[0.264]	[0.287]	[0.297]	[0.307]	[0.351]	0.368	0.376	0.409
X G A (1024x 768)	[0.206]	[0.224]	[0.232]	[0.240]	[0.274]	[0.288]	[0.294]	[0.320]
S P A R C (1152x 900)	0.183 (0.176)	[0.199] (0.191)	[0.206] (0.198)	[0.213] (0.205)	[0.243] (0.234)	[0.256] (0.246)	[0.261] (0.251)	[0.284] (0.273)
S - X G A (1280x1024)	0.165 (0.155)	0.179 (0.168)	0.186 (0.174)	0.192 (0.180)	[0.219] (0.205)	[0.230] (0.216)	[0.235] (0.220)	[0.256] (0.240)

(注) [] = 良好な視認性とみなせる画面サイズ!
[] = 見にくい、何とか見させる画面サイズ!

図28. 液晶ディスプレイの製品ロードマップ

図29. 世界におけるLCDの用途別市場

表6. 最近1年間におけるTFT-LCD製品の発表事例

日付&新聞名	会社名	製品名	広視野角技術	上下/左右	電力/輝度	その他
96-4-17, 日産	NEC	17" SXGA	IPS	140/140	-/200	—
96-7-26, 日産	ADI	14.2" XGA	—	—	—	—
96-9-6, 電波	三星電子	14" XGA	—	—	—	—
96-9-25, 電波	東芝	16" XGA (補償フィルム)	—	110/140	11.9/200	16mm/1.4Kg
96-9-30, 日産	シャープ	40" SVGA	スーパーV	—	—	—
96-9-30, 日産	ホシデン	23" SXGA	—	140/140	—	29mm/—
96-9-30, 日産	富士通	15" —	垂直配向(VA)	140/140	15.0/200	—
96-10-1, 電波	ソニー	25" —	ガラスマトリクス	—	—	—
96-10-4, 電波	日本IBM	16.1" SXGA	—	—	—	—
96-10-4, 電波	富士通	18.8" XGA (シャープ製)	—	—	-/200	—
96-10-7, 日産	富士通	21.3" SXGA	—	100/110	-/200	—
96-10-8, 電波	LG電子	15.4" WideTV	—	—	—	—
96-11-6, 日産	松下	15.2" WideXGA	IPS	140/140	—	—
96-11-9, 電波	LG電子	14.1" —	UV照射/0.6t	—	—	-/650g
96-11-14, 電波	三菱	15.1" SXGA	補償フィルム	80/120	-/200	—
96-12-19, 電波	シャープ	13.8" XGA	スーパーV	110/140	-/200	—
97-1-31, 日産	日立	18" SXGA	IPS	—	—	—
97-2-26, 電波	NEC	14.1" XGA	IPS	160/160	25.0/200	26mm/—
97-3-6, 電波	東芝	12.1" Poly-Si	—	—	—	—
97-4-4, 日産	シャープ	20.1" SXGA	スーパーV	100/140	40.0/—	—
97-4-16, 日産	NEC	20.3" UXGA	IPS	160/160	60.0/200	フルカラー
97-4-18, 電波	三菱	15.1" XGA	IPS	160/160	—	—

(注1) シャープのスーパーVとは 配向膜分割方式と補償フィルム貼り付け方式の併用である。
一方、NECは IPS方式を用いているが、これをスーパーファインTFTと呼称している。
また、三菱は 補償フィルム貼り付け方式であったが、現在はIPS方式に変更している。

図30. 液晶ディスプレイの世界市場予測

図31. 主なディスプレイのすみ分け

ディスプレイ(LCD)がプラズマディスプレイ(Plasma Display Panel 略して PDP)等に対して比較的小型の~20 インチクラスまでが目標製品になっている。これも液晶ディスプレイが軽薄短小と言う特徴を持っていることからくる制約かもしれない。

6. 液晶ディスプレイの製造プロセス

液晶ディスプレイには 第2章にて述べたようにパッシブマトリクス方式 LCD とアクティブマトリクス方式 LCD とがある。ここでは 後者のアクティブマトリクス方式 LCD、つまり TFT-LCD を例にとり、その製造プロセスについて述べよう。

まず、TFT-LCD の製造工程には ガラス基板を加工

して表示電極、信号電極、回路素子（薄膜トランジスタ）などを形成して電極基板を作り込む図 32 (a)のようなアレイ工程（*注）（これを基板プロセス、あるいは アレイ基板プロセスと呼ぶ）と出来上がったアレイ基板の対向電極となるカラーフィルタ（Color Filter 略して CF）基板とを表面処理して貼り付けし、組み立てて、その間に液晶材料を注入し、封じ込める図 32 (b)のようなセル工程（これをセルプロセスと呼ぶ）および組み立てられたアレイ・セル基板に駆動系回路（ドライバ IC/LSI）や制御のためのコントローラ（一般には Gate Array 略して GA）あるいは 光源となるバックライトなどを取り付ける図 32 (c)のような実装モジュール工程（これをモジュールプロセスと呼ぶ）とがある。⁴²

ここでは、各工程別に TFT-LCD の作り方を概説するが、アレイ工程は半導体製造プロセスと同じような写真蝕刻工程（Photo Engraving Process 略して PEP）技術を利用するために具体的な各工程の説明前に、まず、PEP について述べる。

（*注）アレイ工程とは TFT-LCD においてガラス基板上に薄膜トランジスタを規則正しく並べ配置するためにアレイつまり、整列している意味からアレイ工程と呼ぶ。カラーフィルタ基板も表面に電極を有してしるためにアレイ基板に対向する電極基板となる。

6-1. 写真蝕刻工程（PEP）技術

PEP の基本的な理解を行なうためにゲート電極となる金属膜のパターニング形成を一例にとり、図 33 を見ながら説明する。

図 32. TFT-LCD の製造工程

まず、金属が蒸着されたガラス基板を洗浄する（これを洗浄工程と呼ぶ／図 33 (a)参照）。この上に紫外線（UV）で感光するレジストを塗布する（これをレジストコート工程と呼ぶ／図 33(b)参照）。このレジストを硬化するために高温にて焼く（これをプリバーク工程と呼ぶ）。次に その上にマスクをのせて UV 照射する（これを露光工程と呼ぶ／図 33 (c)参照）。ここで、マスク上にパターン模様のある部分つまり、黒部分には UV 光が照射されないことになり、塗布されたレジストは堅くなる。逆に マスク上にパターン模様のない部分 つまり、白部分には UV 光が照射され、塗布されたレジストは柔らかくなる。このようなレジストをポジ型レジストと呼び、この逆タイプをネガ型レジストと呼ぶ。

次に このレジストを除去するために現像液にて処理する。つまり、レジストの軟化部分が除去される（これを現像工程と呼ぶ／図 33 (d)参照）。この後、再び高温にて焼く（これをポストバーク工程と呼ぶ）。次に 不要の金属を除去するためにエッチング液にて処理（ウェットエッチング）、あるいは 減圧下でのガス放電により反応させてガス状にして処理（ドライエッチング）を行なう（これをエッチング工程と呼ぶ／図 33 (e)参照）。終わりに パターン形成のために用いたレジストを剥離液にて取り除く（これをウェット剥離工程と呼ぶ）か、あるいは 減圧下での酸素ガスの放電により酸化させてガス状にして取り除く（これをドライ剥離／アッシング工程と呼ぶ）か、あるいは オゾンと UV によって酸化させてガス状にして取り除く（これをドライ剥離／UV アッシング工程と呼ぶ）など、いくつかの剥離方法によってレジスト除去を行なう（これらを剥離工程と呼ぶ／図 33 (f)参照）。

図 33. 写真蝕刻工程（PEP）技術の説明図

ここで、ゲート電極となる金属層は最下位層になる。その上に重ねる膜の被覆性は良くするため金属層のエッジ部はなだらかな形状つまり、テーパ形状が望ましい。この対応として金属層のエッチング工程はガス放電を用いるドライエッチングプロセスを用い、そのガスに酸素を混合し、図 34 のように有機物であるレジストをエッチングしながら金属層のテーパ形状エッチングを行なう。

このように PEP 工程はマスク上に描かれた回路素子などのパターンを形成するプロセスであり、一回の PEP につき一枚のマスクが基本的に必要である。TFT-LCD における PEP 工程は 6~10 回程度のマスクが使用され、このマスク数が製造工程の複雑さを表す目安となる。

図 34. 金属層のテーパ形状エッチング技術

6-2. アレイ工程⁴³

アレイ工程は図 35 (a) に示すようにゲート電極になる金属膜をガラス基板の前面にスパッタリングにて付ける工程からスタートする(これをゲート電極スパッタ工程と呼ぶ)。この金属はタンタル(Ta)、モリブデンタンタル(MoTa)、モリブデンタングステン(MoW)などの合金やアルミニウム(Al)などであり、各社によって独自の材料が用いられている。

次に 1st PEP によって図 35 (b) のように金属パターンを焼き付ける。

金属パターンが蒸着された後、CVD (Chemical Vapour Deposition の略で、化学的気相成長) 技術によって図 35 (c) のようにゲート酸化膜(SiO_x)を形成する(これを SiO_x CVD 工程と呼ぶ)。この酸化膜は半導体膜(アモルファスシリコン 略して a-Si)との界面を形成するため薄膜トランジスタ(TFT)の特性を決定する重要なプロセスである。このために膜質向上が不可欠であり、膜の欠陥を低減するために異種の膜を重ねたり、工程間での洗浄を入れたりすることも多い。また、後述する半導体膜(a-Si)の蒸着を連続に行なうことも多い。

次に CVD 技術によって図 35 (d) のように半導体膜(a-Si)を蒸着し(これを a-Si CVD 工程と呼ぶ)、さらに電極とのコンタクトを良くするためと逆電界における漏れ電流(リーク電流)を防止するために図 35 (e) のようにリン(N+)を微量添加し、その後、TFT となる部分のみを 2nd PEP によって図 35 (f) のようにパターンニングし、半導体層(a-Si 層)を形成する。

この後、画素電極となる部分に透明導電膜である酸化インジウムチタン膜(Indium Tin Oxide 膜、略して ITO 膜)を図 35 (g) のようにスパッタし(これを ITO スパッタ工程と呼ぶ)、3rd PEP によって図 35 (h) のように画素電極(透明電極)を形成する。

一方、蓄積キャパシタンス C_s の電極部を形成するために C_s 上のゲート酸化膜の一部を 4th PEP によって図 35 (i) のようにパターンニングし、除去する。次に TFT のドレイン電極、ソース電極になる部分にアルミニウム(Al)やチタン(Ti)などの金属を図 35 (j) のようにスパッタし(これを Al スパッタ工程と呼ぶ)、5th PEP によって図 35 (k) のようにパターンニングして、各電極を形成する。

最後に TFT などの素子を保護するために窒化膜(SiN_x)などの保護膜を CVD によって成長させる(これを SiN_x CVD 保護膜工程と呼ぶ)。この成長の後に 6th PEP によってパターンニングして保護膜を形成し、特性チェックを行なってアレイ(TFT)が出来上がる。ここで、出来上がった TFT は逆スタガーバックチャネルエッチ型(Inverted Staggered Back Channel Etched type 略して IS-BCE 型)と呼ばれるものである。この他に逆スタガー 3 層構造型(Inverted Staggered Tri Layered type 略して IS-TL 型)あるいは正スタガー型など各種タイプの TFT がある。

このようにアレイ(TFT)が出来上がるまでのプロセスフローチャートを図 36 に示す。また、出来上がった TFT アレイの一面素断面図を図 37 に示す。

6-3. セル工程⁴⁴

前項において TFT アレイ基板が完成すると、次に液

図35. TFT-LCDアレイ工程の模式的構造断面図

図36. アレイ (TFT) が出来上がるまでのプロセスフロー

図37. 出来上がったTFTアレイの1要素断面図

晶材料を封じ込むセル工程に入る。このセル製造工程の概略フローを図38に示す。

図38. TFT-LCDセル工程の概略フロー

まず、完成した TFT アレイ基板の上に配向膜を形成する。これには ポリイミド樹脂などを溶剤に溶かし、精密なゴム板などでガラス基板面に印刷するか、あるいは スピナ法によって塗布する。一般に 配向膜の厚みは 数千オングストローム (Å) に印刷し、その後、乾燥させ、焼成することによって 500~1000 Å の厚みに仕上げる。ここで、配向膜の厚みやそのムラは 表示特性に影響するので配向膜形成には注意を要する。この配向膜厚みの精度を出すためには 図 39 のようにポリイミド樹脂溶液を微細なくばみを持った

図39. 配向膜を形成する模式的製造方法

アニロックスローラと呼ばれる金属ローラの上に一旦、転写して広げ、次に転写された配向膜液を、さらに版胴と呼ばれる金属ローラの配向膜片に転写し、その後、ガラス基板の上に転写する (これを配向膜形成工程と呼ぶ/ 図 38(b)参照)。

次に 液晶分子の配列方向を決めるために配向膜上に溝を形成する。具体的には ベルベットのような毛足の長い布をローラに巻き付け、図 40 のようにローラを回転させな

図40. 配向膜上に溝を形成するラビング工程原理図

がらガラス基板の配向膜を擦る (これをラビング工程と呼ぶ)。ここで、ラビング時の毛の当たりや強さにムラがあると、ラビングムラと呼ばれる表示ムラなどの不良現象につながる。したがって、偏芯振動のないように丈夫で精密なラビング装置を用いる。

配向膜形成およびラビング処理が終了すると、アレイ基板とカラーフィルタ基板の2枚の電極基板を併せて接続し、液晶材料を入れるための空きセルを製作する。ここで、空きセルを作る前に 液晶材料が抜け出ないようにガラス基板の外周部に枠状に土手を築く。この土手をシールと呼び、一般にはスクリーン印刷によって形成する。このスクリーン印刷は 図 41 に示すようにガラス基板にスクリーン板を重ね、シール材をスクリーン上に載せ、ヘラ状のゴム (スキージ)

図41. スクリーン印刷によるシール印刷工程原理図

にて延ばすと、スクリーン板の孔部分（開口部）のみにシール材が押し出され、ガラス基板上に印刷される（これをシール印刷工程と呼ぶ／図 38(c)参照）。用いるシール材は 熱硬化型のエポキシ樹脂、あるいは 紫外線硬化型の樹脂であり、その樹脂の流れ止めに充填剤（フィラー）を混入する。また、セル厚を一定にするためにギャップ材（スペーサあるいはマイクロパール材とも呼ばれる）も混合する。つまり、2枚の電極基板間を一定に保つために $5\sim6\mu\text{m}$ 位のギャップ材をアレイ基板上に散布する。その散布密度は $100\sim200\text{ p/mm}^2$ 位である。散布方法は 従来、図 42(a)のようにフロ

図42. ギャップ材（スペーサ）散布法の原理図

ン液などの液体とギャップ材とを混ぜてスプレー散布（ウェット散布）していた。しかし、現在、フロ規制などにより粉状のギャップ材に高電圧を印加し、静電気の力によって散布する方法（ドライ散布）に変わって来ている。

この LCD ギャップは $5\sim7\mu\text{m}$ 前後と超極狭幅であり、しかも、液晶セルの特性に影響を大きく与えるので重要なプロセスである（これをギャップ材散布工程と呼ぶ／図 38(d)参照）。

ギャップ材散布後は あらかじめ設けた位置合わせマスクパターンを用いて2枚の電極基板間を精密に貼り合わせる。その貼り合わせ精度は 約 $3\sim5\mu\text{m}$ 程度である。貼り合わせた基板は密閉度を良くするために加圧しながら熱や紫外線を照射し、シール材を硬化させる（これを組立&封着工程と呼ぶ／図 38(e)参照）。

次に 貼り合わせた基板の外周部の捨てシロを切断する。また、そのガラス基板から表示パネルが何枚か取れる多面取りに対しては その面取り切り離し切断も同時に行なう（これをスクライブ&ブレイク工程と呼ぶ／図 38(f)参照）。ここでの多面取りは 図 43 に示すように一枚のガラス基板からアレイ基板（TFT-LCD）が何枚取れるかを表したものである。例えば、表示パネルが6個取れる場合には6面取り、

図43. ガラス基板サイズとLCDの取り回数

4個取れる場合には4面取りと表現している。

さて、個々に分離された空きセルには 真空方式の注入装置によって液晶材料が注入される。つまり、空きセルと液晶材料を入れた容器を図 44 のように気密装置にセットし、

図44. 液晶材を注入する真空方式の注入原理図

気密装置全体を真空中に引き、空きセルの中が真空中に達した後、空きセルの注入口を液晶材料に浸し、装置内全体に窒素ガスなどを流す。この後、気密装置全体を大気圧に戻すと、空きセルは真空のために液晶材料が押しされて、毛細管現象によって空きセル内に充填される。液晶材料の注入が終了した後、セルの注入口に接着剤などを塗布し、熱や紫外線照射によって注入口の接着剤を硬化させ、注入口を塞ぐ（これを液晶注入・加圧封止工程と呼ぶ／図 38(g)参照）。

終わりに 接着剤が塗布されている偏光板を液晶セルの表と裏に、気泡が入らないようにゴムローラ等で押さえながら貼り付ける。この偏光板の光軸は ラビング方向と関連するので所定の位置に合わせ込み、貼り付ける（これを偏光板貼り付け工程と呼ぶ／図 38(h)参照）。

このようにして完成した液晶セルは 画素電極に相当する端子に電氣的信号を加え、電氣的試験や出画検査などを

行ない、モジュール工程へ進む（これをテスト工程と呼ぶ）。ここで、画素端子は 0.05~0.16 mm と微細であり、~2500 本前後と多ピンのために特殊のコンタクトプローブを用いてテストする。

6-4. モジュール工程⁴⁵

前項において 液晶セルが完成すると、これを駆動する電子回路やその他の必要な部品・材料等を組み込む工程に入る。これをモジュール工程と呼び、その概略フローを図 45 に示す。

まず、使用するドライバー IC/LSI は 図 46 に示すようなフィルム上になった TCP (Tape Carrier Package) と呼ばれる外囲器に封入されている。この封入されているドライバー IC/LSI を TAB (Tape Automated Bonding) と呼んでいる。このモジュール工程の中で最も重要なプロセスは TAB を接続する OLB (Outer Lead Bonding) 工程である。

このようにコイル状になって作られた図 46 のような TAB の一個一個に ACF (Anisotropic Conductive Film) と呼ばれる異方性導電膜の接着材を貼り付ける（これを ACF 貼り付け工程と呼ぶ／図 45 (a) 参照）。ここで、用いる ACF は 熱硬化型のものである。一方、熱可塑性 ACF もあり、このタイプでは液晶セルの電極端子に ACF をあらかじめ貼り付け、その後、OLB 工程に入る。

次に コイル状の TAB を一個一個に分離切断する（これをパンチング工程と呼ぶ／図 45 (b) 参照）。続いて 切り取った TAB を液晶セル基板の電極端子に ACF 接着剤を介して熱圧着する（これを OLB 工程と呼ぶ／図 45 (c) 参照）。一方、駆動に必要なその他の電子部品を載せたプリント板 (Printed Circuit Board 略して PCB) をあらかじめ用意しておく（これをパーツアッセンブリ/PA 工程と呼ぶ／図 45 (d) 参照）。次に 液晶セル基板に接続した TAB に、あらかじめ用意した PCB を接続するために組み込む（これをモジュールアッセンブリ/MA 工程と呼ぶ／図 45 (e) 参照）。

この後、TAB を折り曲げる（これを TAB 折り曲げ工程と呼ぶ／図 45 (f) 参照）。次に プリント板(PCB)と TAB との接続を半田付けにて行なう（これを半田付け工程と呼ぶ／図 45 (g) 参照）。

最後に 必要なバックライトや取り出しケーブルなどを取り付ける（これをファイナルアッセンブリ/FA 工程と呼ぶ／図 45 (h) 参照）。この後、画質検査など電氣的試験を経て出荷となる（これを検査・出荷工程と呼ぶ／図 45 (i) 参照）。

ここで、ACF を用いた接続技術の原理について図 47 を用いて説明する。

まず、ACF には熱硬化性のものと熱可塑性のものとが

図45. TFT-LCDモジュール工程の概略フロー

図46. LCD駆動のためのドライバーIC/LSI

ある。前述したモジュール工程では ACF を先に TAB 側に貼り付けるタイプ、つまり、熱硬化性のものを用いた例を説明した。一方、熱可塑性タイプの ACF を用いる場合には、ACF をガラス基板上の画素電極側に貼り付けるのが一般的である。いずれのタイプの ACF においても 異方性導電膜中に導電粒子 (Ni や半田など) が電氣的な接続のために混入されている。このような ACF を TAB とガラス基板間に貼り付けた形で図 47 (a) のように挿入し、その後、OLB 装置によって上と下から圧力と熱を印加する。この結果、ACF は TAB の電極（一般には銅電極）とガラス基板の画素電極（一般にはアルミニウムか ITO 電極）との間で貼り付けられる形になり、かつ、ACF 中の導電粒子によって同図 47 (b) のように両電極は電氣的に接続がなされる。この接続を ACF による接続法と呼び、この工程を OLB 工程と呼んでいる。

この OLB 工程における液晶セルとドライバー IC/LSI (TAB) およびプリント板 (PCB) との関係を図 48 に示すが、

図47. 異方性導電膜 (ACF) を用いた接続技術

図49. LCDモジュールの各種TAB実装形態

図48. 液晶セル、ドライバIC/LSIおよびプリント板との接続概略図

液晶セルの電極端子ピッチと TAB の出力ピッチとは同じピッチが前提条件となる。このピッチについては 液晶セルの画面サイズと解像度およびドライバ IC/LSI (TAB) の出力数などに関連する。現在においては 約 $60\mu\text{m}$ 位のピッチが要求されている。また、TAB の入力ピッチは プリント板 (PCB) とのピッチおよび接続技術等によって決定される。この一例では TAB の入力端子接続技術は 半田付けを前提としているが $\sim 0.3\text{mm}$ ピッチが要求される。この値は 半田付けによる微細化の限界であり、これ以下のピッチにおいては ACF などによる接続技術が必要となる。

以上のように、TAB を用いた基本的なモジュール実装には 図 49 に示すように幾つかの実装形態がある。つまり、(a) フラットな TAB を画面の上下に実装するタイプ (両側フラット TAB タイプ)、(b) フラットな TAB を画面

の片側に実装するタイプ (片側フラット TAB タイプ)、(c) 折り曲げ TAB を画面の上下に実装するタイプ (両側折り曲げ TAB タイプ) そして (d) 折り曲げ TAB を画面の片側に実装するタイプ (片側折り曲げ TAB タイプ) である。

この構造上からくる制約により液晶ディスプレイ画面の額縁が一番小さくなるタイプは (d) 片側折り曲げ TAB タイプである。また、液晶ディスプレイ厚みが一番薄くなるタイプは (a) 両側フラット TAB タイプ、あるいは (b) 片側フラット TAB タイプである。したがって 液晶ディスプレイが応用される機器の形態によって実装形態が決まることになる。

なお、液晶セルの画面サイズと解像度により電極端子が $\sim 60\mu\text{m}$ ピッチ以下になる場合には COG (Chip On Glass) 技術が適した技術と言えよう。さらに 近い将来は ポリシリコン技術などを用いてガラス基板の上にドライバ IC/LSI やインターフェイス回路などを搭載する CIG (Circuit Integrated Glass) 技術なども導入されるものと思われる。これら液晶ディスプレイのモジュール実装技術の推移をまとめると図 50 になる。⁴⁶

6-5. TFT-LCD の主要部品と材料

TFT-LCD に用いられる主要部品と材料を見てみると、表 7 となる。今までの製造プロセス概要で分かるように、これら主要部品と材料が LCD 特性を大きく左右している。

次回からは これら主要な各部品と材料の基本的な構造や特性、並びに技術動向などについて述べていく。

(次号に続く)

図50. 液晶ディスプレイのモジュール実装技術の推移

表7. TFT-LCD に用いられる主要部品・材料

アレイ工程	セル工程	モジュール工程
ガラス基板	カラーフィルタ	ドライバIC/LSI
マスク	偏光板	コントロールIC/LSI
ターゲット材 (金属など)	液晶材	DC-DC コンバータ
レジスト材	配向膜材	バックライト
レジスト剥離材	ギャップ材	ACF
現像液	ラビング用布	プリント板
エッチング液	シール材	ケーブル
ITO 材	位相板	フレキ
アモルファスシリコン	視野角補償フィルム	ベゼル
ガス類 (酸素など)	充填材	半田
洗浄液 (純水など)	ガス類 (窒素など)	その他の電子部品など
リン		

参考文献

- ³⁶ 鈴木八十二、“液晶パネルの現状と将来の方向性、各社開発状況・コストトレンド・部品材料の標準化・技術課題を中心に”、表面実装技術、95年1月号、日刊工業新聞社、pp.10～17、
- ³⁷ 鈴木八十二、“TAB 実装の概要”、月刊ディスプレイ、96年8月号、テクノタイムス社、pp.19～31、
- ³⁸ 97年2月21日付、日経産業新聞、“LCD、96年13.8%増、電子ジャーナル、市場動向見通し、アジア、最大市場に”、
- ³⁹ 96年4月17日付、日経産業新聞、“視野角CRT並み、上下左右140度、17インチカラーLCD開発、TFT方式NEC、年末量産へ”、の記事から97年4月18日付、電波新聞、“IPS 技術採用の広視野角液晶ディスプレイ、電子デ

スプレイ展で、松下と三菱が参考出品”、の記事まで。

⁴⁰ 97年6月26日付、電波新聞、“液晶ディスプレイ世界市場、2005年には4兆4260億円に、PC向け液晶モニター用途が牽引に、調査会社まとめ”、

⁴¹ 倉重 光宏、“壁掛けTVの最右翼、プラズマディスプレイ”、月刊LCD Intelligence 1996年6月号、(株)プレスジャーナル、pp.71～77、

⁴² 鈴木八十二、“液晶技術の最新動向と応用”、電子技術、92年6月号、日刊工業新聞社、pp.10～17、

⁴³ 武内 文雄、“連載講座 液晶ディスプレイデバイス入門、第5回 液晶デバイスの製造 — 基板プロセス”、電子技術、93年1月号、日刊工業新聞社、pp.73～79、

⁴⁴ 武内 文雄、“連載講座 液晶ディスプレイデバイス入門、第6回 液晶デバイスの製造 — セルプロセス”、電子技術、93年2月号、日刊工業新聞社、pp.73～77、

⁴⁵ 参考文献³⁷と同じ。

⁴⁶ 鈴木 紘一、“液晶事業と半導体事業との相違点”、SEMIジャパン主催、第6回ISSジャパン'92、Session 3、Feb., 14、1992、pp. G-11、

東海大学工学部通信工学科教授