TFT-LCD実装のマイクロ接合技術

西田 秀行*, 坂本 一紀**

Micro-Joining for TFT-LCD Module

Hideyuki NISHIDA* and Kazunori SAKAMOTO**

*日本アイ・ビー・エム株式会社野洲 液晶製品生産 液晶実装技術 (〒520-23 滋賀県野洲郡野洲町市三宅800)

**日本アイ・ビー・エム株式会社大和 ディスプレイ・テクノロジー モジュールプロセス開発 (〒242 神奈川県大和市下鶴間1623-14)

*LCD Packaging Engineering, Yasu LCD Products, IBM Japan, Ltd. (800 Ichimiya, Yasu-cho, Yasu-gun, Shiga 520-23)

**Module Process Development, Display Technology, IBM Japan, Ltd. (1623-14 Shimo-tsuruma, Yamato-shi, Kanagawa 242)

1. はじめに

来るべき21世紀のマスメディア／マルチメディア時代の要求に応えるべく、フラットディスプレイテクノロジーにおける課題として、カラー化／大画面化／高画質化／高精細化／薄形軽量化／低消費電力化に対して力が注がれている。この動向は、ノートブック型パーソナルコンピュータ(PC)に代表される「パソコン」の世界において特に顕著であり、TFT-カラー液晶ディスプレイ(LCD; Liquid Crystal Display)がその主流として、注目されている。TFT-LCDの実装においても、マイクロ接合技術が重要な役割を果たしている。

本稿では、ノートブック型PC用のTFT-LCDの実装技術に焦点をあて、LCD駆動用のICの実装に関連するマイクロ接合技術を中心に、その動向と対応策について解説する。

2. ノートブック型PC用LCD

最近ではデスクトップ型に代わりノートブック型PCが「パソコン」の主流となっている。持ち運び可能もさることながら、機能の向上やソフトの充実がけん引車となり、普及率も顕著な伸びを示している。ノートブック型PCには、製品として扱いやすいこと、信頼性が高く、いつでもどこでも手軽に携帯でき使えること、低価格であることが要求される。ノートブック型PC用LCDもこれら製品に対する要求から、高画質、軽量、見やすさ(可能な限りの大画面)および低価格化が望まれる。近年のMPU(Micro Processing Unit)の高性能化はPCの性能を大幅に向上させ、ソフトウェアの充実と相まって、PC処理能力や機能が飛躍的進歩を遂げている。これに伴い、PCとPCを使う「人」とのインタフェースとしての役割を担っているLCDにも種々の要求が生じ、対応が望まれている。ディスプレイ上でのマルチ画面の表示や動画像の表示には高画質が要求される。モノクロ表示に比較してカラー表示は情報量のはるかに多く、処理機能の向上したPCにカラー化は必須である。高画質対応には、TFT(Thin Film Transistor)方式が有利と

されているが、反面、製造工程の複雑さや難易度および逐次処理の理由から、歩留まりや製造原価が課題として上げられている。

一方、PCの部品であるLCDの世界においては、低価格化が大命題であり、液晶製品としての価格競争が激化している。図1にIBM社のノートブック型PC「Think Pad 7XXシリーズ」を、図2に同シリーズに採用されている「カラーLCD/TFT/10.4インチ」の実装形態の変遷を示す。現状におけるLCDへの要求事項はディスプレイテクノロジーがゆえの高画質化や大画面化を別として考えれば、最大の課題は「低価格化」ということになる。LCDの製造工程は、前工程であるところのガラス基板上に回路を形成する「アレイ工程」とカラーフィルタや偏光板を貼り付けて液晶を封入する「セル工程」、および後工程である、LCD基板(セル

図1. ノートブック型パソコン (IBM社,ThinkPad 7XXシリーズ)

図2. 10.4インチ カラーTFT-LCDモジュール 実装形態の変遷

と呼ぶ)に駆動用のICを実装する「LCDモジュール組み立て工程」に大別される。LCDモジュール完成品として見た場合、製造原価は圧倒的に前工程であるところのセル／アレイ工程に依存する。したがってLCDモジュールの製品設計(デザイン)や実装形態、その他の技術対応も前工程の影響を受けることとなる。前工程でのガラス元板からの取り数や収率は完成品の価格に大きく影響する。画面サイズ等は前工程での諸条件も加味して検討がなされる。IBM社のノートブック型PCにおいては「A4サイズ」をセールスポイントとしており、最低10.4インチ(対角)が必要とされている(サブノートとしては小型サイズがある)。

3. LCDモジュール実装の動向

携帯用PC製品の高機能化および小型／軽量化への要求から、LCDに対しては、高画質化とともに、画面上表示部サイズはできるだけ大きく(そのままのサイズで)、外回りのサイズを小さくするという要求が日増しに高まっている。図3に最近のTFT-カラーLCDモジュールの実装の動向を示すとともに、その主な内容について以下に解説する。

1) ガラス周辺部の縮小

ディスプレイ画面の機能面から言及すれば、表示部以外は付加価値のない部分であり存在しない(極力小さい)ほうが好ましい。また製品の小型化への寄与率も高いことから、ガラス基板の周辺に取り付けられる駆動用ICの実装エリアを極力狭く設計する努力が払われている。「スリムTAB (Tape Automated Bonding)」と呼ばれているように、

図3. LCDモジュール実装の動向

TCP (Tape Carrier Package) のサイズ (幅) が縮小され、同時に「額縁」と呼ばれるガラス基板周辺の、TCPが貼り付けられる電源／信号供給用のプリント配線板 (PCB；Printed Circuit Board) の幅も狭められる傾向が最近めだってきている。ソース側においては、従来の両側実装から片側実装への変更 (片側駆動の採用) により周辺部の実装エリアを縮小する実装方式も採用され始めている。

2) 高精細化

PC機能の向上やPCソフトの充実から、ノートブック型PCにおいてもマルチウインドウズ (複数画面の同時表示) や動画像表示も普及し始め、表示画面の画質向上への要求が高まっている。画質向上をめざしてVGA (画素数；480×640RGB) からSVGA (画素数；600×800RGB) への移行の動きもあり、同一サイズのガラス基板での画素数の増加 (例えば10.4インチLCDにおけるVGA→SVGA化) は、ガラス基板外周部に配列された電極およびTABリードのピッチの微細化につながる。TABリードのピッチの微細化ならびに前述のTABのスリム化はTABそのものの回路成形を困難にし、使用される銅箔の厚みも薄くなり、信頼性の観点からも実装の難易度が増すこととなる。片側駆動実装方式の採用はそのまま電極ピッチの微細化につながる。

3) 軽量化

ノートブック型PCの製品重量においてはLCDモジュールとバッテリーがその大半を占めており、LCDモジュールとしての軽量化は重要課題のひとつとして取り組まれている。LCDモジュールのなかでもガラスの占める重量比が最も大きく、新しい材料や工法の研究開発がなされているが実用化には至っていない。現時点では、LCDモジュールレベルで使用部品の点数削減や形状変更、部品単位での軽量化や材料変更などにより、製品レベルでの軽量化に寄与すべく努力が払われている。

4) 省スペース化／省電力化

前述のガラス周辺部実装エリアの縮小化にも関連するが、LCDモジュールを極力コンパクトにまとめるために、空スペースを有効に利用する設計が採用されている。折り曲げTABやFPCコネクタを用いて、PCB等をガラス基板の裏側に配置したりして、省スペース化が図られる。携帯用PCにおいてはバッテリーの使用可能時間が大切で、低消費電力化は重要課題のひとつであり、LCDモジュールとしての対応も望まれている。

4. LCDモジュール組み立て工程

図4にLCDモジュール組み立て工程の一例を示す。LCD基板に、TAB実装技術を応用して、異方性導電フィルム (ACF；Anisotropic Conductive Film) を用いて駆動用のICをTCPの形態で貼り付ける。TCPの入力側には電源／信号供給用のPCBがはんだ付けされ、PCB間の電氣的導通を取るためにFPC (Flexible Printed Circuit) がはんだ付けされ

図4. LCD モジュール組み立て工程

る。電氣的試験をした後に、インタフェースカードやコネクタ、ベゼルと呼ばれるフレーム等を組み込み、初期不良をスクリーニングして最終検査を終え、LCDモジュールは完成される。

5. LCDモジュールにおけるマイクロ接合技術

1) 駆動用IC-TCP出力側接合技術

LCDガラス基板の電極と駆動用IC-TCPのリードをACFを用いて接続する工程を、LCDモジュールでは「OLB；Outer Lead Bonding」と呼んでいる。図5にACFを用いたガラス基板／TCP電極間接合の概念図を示す。ACFはバインダと呼ばれる絶縁性の樹脂の中に導電性の粒子を分散させてフィルム上に成形したもので、このフィルムをガラス基板とTCPの間に介在させ、ガラス基板電極とTCPリードのアライメント (位置合わせ) をした後、加熱／加圧すると、温度上昇に伴いバインダが軟化し、流動性を有して、ガラス基板電極とTCPリード間に流れ広がり、同時にガラス基板電極とTCPリード間に存在する導電粒子が加圧により電極／リード間の電氣的導通の役割を果たす状態となる。この状態において引き続きバインダは硬化し、ガラス

図5. LCDガラス基板電極⇄TCP ACF接続 (OLB) 概念図

基板電極⇄TCPリード間の機械的保持が保たれ、電氣的に、ガラス基板電極⇄TCPリード間の導電性および電極⇄電極（リード⇄リード）間の絶縁性が保たれる。この接合完了時における電氣的特性を異方導電性としている。

ACFに要求される課題として、高精細化対応（70 μ m以下）、接合の信頼性（バインダが熱硬化性タイプの方が有利）、リワークの容易性（市販の溶剤で取り去ることが可能なこと。バインダが熱硬化性の方が逆にリワーク性が悪くなり、熱可塑性の方が有利となる）、接続温度の低下（170 $\rightarrow$ 130 $^{\circ}$ C）、接続時加圧力の低下（20kg/cm 2 $\rightarrow$ 5kg/cm 2 ）、加圧時間の短縮（20秒 $\rightarrow$ 5秒）、フィルムの長尺化による自動化対応（50m $\rightarrow$ 100m）などがあげられ、研究開発がなされている。ユーザ側の立場からは、その他に、使用期限（Shelf Life）の延長（3カ月 $\rightarrow$ 6カ月）、特性の安定化（台紙のはく離性やフィルムの粘着性等）とともに低価格化を期待したい。

TCPは電極の高精細化とスリム化に伴い回路形成がますます困難になってきており、微細なパターンを処理するために、銅箔の厚みを薄く〔3/4oz（約27 μ m） $\rightarrow$ 1/2oz（約18 μ m）〕して対応している。電極の高精細化に伴いTCPとガラス基板の熱膨張係数差と接続温度の関係から、ピッチずれを防止し歩留まり向上を図るために、TCPに固有の収縮率を設けて設計時に反映する配慮がなされる。これらの対応は高精細対応で高い生産性を兼ね備えた自動機（OLB装置）により、ACF貼り付け／TCP打ち抜き／TCPアライメント・仮付け（仮圧着）／加熱・加圧ボンディング（本圧着）の一連の工程をガラス基板の搬送や位置決めを含めて処理することが前提となっている。

自動機には高精度の位置決めのための機械的精度や画像認識技術の他に、均一な加熱・加圧が可能な構造や制御方式が要求される。ラインとしての自動機の稼働率を維持する上で、ACFやTCPの自動供給の正確さが要求されると

もに、高い生産性が要求されるために各工程での処理時間（タクトタイム）が重要視され、特に現在長時間を必要としているACFの加熱・加圧工程の時間短縮が、ACF材料の改善（前述）も含め課題とされている。

2) 駆動用IC-TCP入力側接合技術

現時点では、駆動用IC-TCP入力側の接続には、その信頼性の高さ（過去の実績）、リワーク性の良さからはんだ付けが一般的に採用されている。TCP入力側のリードピッチは前述したように、画素数の増加（SVGA化）、片側駆動の採用等の理由から高精細化が進んでおり、0.45 $\sim$ 0.3mmピッチあたりが目標とされている。TCPの高精細化に伴う銅箔の厚みが薄くなる傾向は、はんだ付けの難易度を増すばかりか、接続部の信頼性を保証することをも困難にしている。

加えてLCDモジュール実装におけるはんだ付けの最大の課題は、はんだ付け時の温度上昇に伴うPCBの伸びとその条件下で行うTCPリードのアライメントをいかに克服するかという点にある。ガラス基板にACFで貼り付けられたTCPはすでに拘束条件下にあるといえ、例えば10インチサイズのLCDモジュールの場合、およそ200mm角サイズのQFP（TCP）の一边をPCBにはんだ付けするのと同等の難易度となる。SVGAやXGA/SXGA等高画質大型基板では、低熱膨張係数のPCBの採用も検討されている。ガラス基板（特に偏光性）は耐熱性がないため、前述の条件も重なって、TCPリード部の局部加熱方式の選択が余儀なくされている。

はんだ付けには無洗浄化が積極的に採用されているが、クリーンルーム内での工程でもあり、ゴミの発生等には十分な配慮が必要である。はんだ付けの加熱方式は、接触式局部加熱のホットバー方式としてパルスヒート方式やコンスタントヒート方式が通常採用される。TCPのスリム化／高精細化を考えると、リードの浮き上がりを防止するためのリード押さえ機構を必要とするコンスタントヒート方式よりも、パルスヒート方式の方が有利といえる。ホットバー方式以外にはんだ付けロボットとはんだごてによる方式も採用されている。

3) 駆動用ICの新しい実装方式

SOG（System On Glass）とは、TFTのアレイ工程において、薄膜技術により駆動用の回路を形成する考えであり、LCD駆動回路の究極の実装形態とされている。表示画面の大型化や工程の歩留まり、元板（ガラスシート）からの収率等を考えると、現時点では生産性や経済性の観点から実用レベルには至っていないが、検討は積極的に進められているようである。

現状のTCP実装方式とSOGの中間に位置づけられる実装方式としてCOG（Chip On Glass）があげられる。COGはかなり以前より研究開発が進められており、小型の液晶パネル製品等にはすでに実用化されている。COGはTCPの代わりにベアの駆動用ICチップを直接LCDガラス基板に接続／

搭載する方法である。ベアチップの品質保証 (Known Good Die) の技術の確立が望まれる。

駆動用ICの電極とガラス基板の電極間の接続方式として、パンプを用いてのフリップチップ方式、ワイヤボンディング方式、TAB方式が検討されている。フリップチップ方式が主流になると思われるが、同方式においてもその電極間の接合材料や工法も種々検討されており、はんだ付けや導電性接着剤、導電粒子と接着樹脂を併用する方式 (マイクロパンプ方式等) 以外に、最近ではACFを用いる方式も紹介されている。

LCD基板は高温にさらすことができないため、IC周辺の局部加熱、もしくは60~70℃以下の温度環境下での接合が必要とされる。また高価なLCD基板上への搭載ICのリペアが可能なこともCOG実装の条件となる。信頼性や生産性も考慮して、最適工法や接合材料の選定が必要である。

6. おわりに

LCDモジュールにおける実装技術、とりわけ駆動用ICの接合/搭載技術は、従来より経験してきた電子部品実装関連技術を基盤に、ACF接続のようにLCD固有の技術が融合した、いわば実装技術のハイブリッド化の成功例といえる。材料や工法/装置の開発も継続的に行われており、まだまだ「枯れた技術」になっていない感があり、これからの発展に期待がかかる。異方性導電樹脂やACFのような新しい接合技術はLCD実装において実績が蓄積され、今までとは逆に、他の電子部品実装に応用されるかもしれない。

(1995.6.5—受理 1995.6.26—再受理)

用語解説

※は「フラットパネル・ディスプレイ」1995、日経マイクロデバイス編、日経BP社、用語解説ディレクトリp.218—より抜粋

TFT*: Thin Film Transister (薄膜トランジスタ) の略。TFTは基本的にはMOSトランジスタと同じ構造・動作である。ゲート絶縁膜と対向してゲート電極を配置した半導体膜から成り、ゲート電位により半導体表面に誘起された電荷の有無によりスイッチ動作を行う。アモーフスSi TFTの場合、ゲート電極がアモーフスSi膜の下にあるボトムゲート型が一般的である。マトリックス状に配置されたTFTを有する画素集団をTFTアレイと呼ぶ。サイズは垂直配線数×走査線数=総画素数で表す。

カラーフィルタ*: 基板上にR,G,Bの着色層を持つ色フィルタ。画素電極と1対1に対応することにより、カラー表示が可能になる。一般的な構造は光シールド層、R,G,Bから成る着色層、保護膜、共通電極で構成される。製造方法は着色層の形成手段により、(1)染色法、(2)顔料分散法、(3)印刷法、(4)電着法に分類される。

偏光板*: 自然光の入射に対して、直線偏光を出射する機能を持つフィルタである。一般的な構造は偏光層をTAC (三酢酸セルロース) の保護膜でサンドイッチしたもの。

ノートブック型PC*: パソコンにはデスクトップ型に対して

液晶のようなフラットパネルを搭載した空間節約のラップトップ型、持ち運び可能なように設計された小型・軽量のノートブック型がある。平面サイズがA4判相当で厚みが3cm、重量は2kg程度である。バッテリー動作を基本とする。一回り小型のサブノート (B5判相当が一般的) が登場している。

VGA*: Video Graphics Arrayの略。VGAはIBMのパソコンで用いられている表示装置への信号出力標準である。CGA (Computer Graphics Adapter)、EGA (Enhanced Graphics Adapter) の次の標準として登場した。画面構成は640×480、各色16階調、合計4096色表示を可能にしている。ラップトップ、ノートブック用液晶パネルのドットピッチは0.27mm (対角8.4型) ~0.33mm (10.4型) まで多様化している。インタフェースはRGBパラレル+同期信号である。

SVGA*: Super Video Graphics Arrayの略。ディスプレイの信号出力標準のひとつ。従来は、米IBM社が提唱した640×480画素のVGA仕様を越えるCRT向けを中心とした高精細仕様すべてを示す言葉だった。ここに来て「Windows」が普及したノートブック型PCで表示の高精細化が要求され、高付加価値の流れの中で液晶パネルの仕様として注目を集めている。高精細の点では、すでに同じくIBMが提唱した1024×768画素のXGA仕様がワークステーション向けの大型パネルに採用されているが、対角25cm (10型) 級への搭載はドライバ実装ピッチの高密度化が難しい、表示上「MS-DOS」では文字が小さくなりすぎる、などの問題があり、液晶パネルのSVGA仕様としては800×600画素に集約しつつある。

XGA/SXGA*: Extended Graphics Array/Super Extended Graphics Arrayの略。XGAはVGAの次の標準としてIBMから提唱された。画素数は1024×768とVGAの約2.5倍に拡張され、マルチウィンドウズに対応しやすくなると同時にパソコンがワークステーションへとさらに近づく。

折り曲げTAB: TABテープの柔軟性を利用して、液晶モジュールの裏面 (バックライト側) に折り曲げ、ガラス基板周辺の実装部分を基板の裏側に移して狭額縁化を図る実装方式。

西田 秀行 (にしだ ひでゆき)
昭和26年生まれ。立命館大学卒業。昭和45年、日本アイ・ビー・エム株式会社に入社。積層板/電子回路部品の製造生産技術、プリント配線板へのCOB実装、SOS-MCM等の開発に携わる。現在、液晶ディスプレイ実装関係の生産技術開発に従事。

坂本 一紀 (さかもと かずのり)
日本アイ・ビー・エム株式会社勤務。LCDモジュールの実装技術開発に携る。ThinkPadシリーズのLCDモジュール開発に従事。