

TFT液晶ディスプレイの変遷と将来展望

半導体・デバイス事業本部 液晶事業統括部長
蔵田哲之



1. ま え が き

現在、液晶ディスプレイは映像機器の表示素子として圧倒的な地位を占めている。特に、ノートパソコンの実現、平面型テレビの実現と大型化、そして携帯電話からスマートフォンへの近年の発展は、液晶ディスプレイの進化と一体になったものである。

液晶を用いた表示パネルの歴史は1962年のDS(Dynamic Scattering)モードの発明に始まり、実用化としては、1970年代初めの腕時計、電卓にさかのぼる。しかし、現在の液晶ディスプレイ発展の大きな原動力はTFT(Thin Film Transistor)方式の実用化にあると言える。この技術によって画素数に対する制限がなくなり、表示素子として圧倒的な優位性を発現するに至っている。

TFTは透明なガラスの上にアモルファスシリコンのトランジスタを画素の数だけ形成するものであり、シリコン半導体で開発されてきた技術が大きく寄与している。半導体と違ってのは、ガラスの大型化とともに液晶パネルのサイズも大型化したことで、大面積にわたって欠陥の少ないデバイスを製造するプロセス技術の発展が大きな役割を果たしている。

また、現在の液晶ディスプレイがほかのディスプレイと比較して大きな発展を遂げた理由の1つに機能分離型であることが挙げられる。TFTが電圧スイッチング、液晶が

表示のオンオフと階調性、カラーフィルタが色、バックライトが光源、と機能が分離されているために、それぞれを独立に最適化を進めることができた。また、相補的な技術を用いることで、更なる高機能化も可能になるという特長を持っている。

また、今後の方向性としてはディスプレイとしての高性能化だけでなく、システムと組み合わせたソリューションの提供も重要になると予測している。

本稿では、三菱電機の液晶事業の変遷と今後の発展に向けた取り組みについて述べる。

2. 液晶事業の変遷

当社がビジネスを展開しているTFTを用いたアクティブマトリックス型液晶ディスプレイ事業は、1980年台前半に現在の当社先端技術総合研究所地区での技術開発から始まった(表1)。事業化は1991年に旭硝子(株)との合弁で(株)アドバンスト・ディスプレイ(ADI)を設立してスタートした。1999年から当社単独の事業となるとともに、2002年にメルコ・ディスプレイ・テクノロジー(株)(MDTI)を設立し、中小型・産業用へ本格的に参入した。また、2004年には、液晶事業統括部を新設し、液晶事業を再編した。1997年には台湾のCPT社と技術提携も行った。

1991年、ADIで当時の最先端の商品であったノートパソコン向けのディスプレイとして製品開発を始めた。当社製

表1. 液晶事業のあゆみ

1989年	当社材料デバイス研究所(当時)内にTFT開発センターを設立
1991年	(株)アドバンスト・ディスプレイ(ADI)を設立
1992年	当社熊本製作所(当時)内に量産試作ラインを構築。ADIを熊本へ移転
1996年	熊本県泗水町(現菊池市)に量産工場を建設し、量産を開始
2002年	メルコ・ディスプレイ・テクノロジー(株)(MDTI)を設立。中小型・産業用液晶モジュール事業へ参入
2004年	液晶事業統括部を新設し、液晶事業を再編
2014年	開発部門と製造部門を集約するために泗水地区に技術管理棟を建設



液晶事業統括部



MDTI 泗水工場



液晶モジュール

のノートパソコン“Pedian”に供給した12.1型SVGA(Super Video Graphics Array)は当時としては業界で最薄／最軽量の液晶モジュールであった。このため、ノートパソコンの金属筐体(きょうたい)をそのまま液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display：LCD)の筐体に活用する筐体一体型構造を開発した。

デスクトップモニタに関してもLCDの展開を進め、1999年に15型XGA(eXtended Graphics Array)の製品化を行った。この製品は、偏光板と一体化した特殊な位相差フィルムを用い、従来のTN(Twisted Nematic)型液晶では実現できなかった広視野角(上下100°、左右120°)を実現した。

1996年から、将来の超広視野角LCDを見据え、新しい液晶モードであるIPS(In-Plane Switching)^(注1)方式を用いたLCDの開発を始めた。この開発成果を、まず、操作性確保のための広視野角特性と高信頼性の両方が要求される航空機のcockpit用に展開した。これはIPS型LCDを高信頼性が要求される用途に世界で初めて適用した例となった。

2000年代に入ると、ノートパソコン及びモニタ用LCDのコモディティ化が始まり、それに対応して、当社の事業製品も携帯などに用いる小型LCD、産業用LCD、そして車載用LCDへとシフトした。

1.4型～4型程度の小型LCDでは、外光下でもクリアに表示内容を確認できるよう、パネル構造を工夫した高透過率・高反射率の半透過型LCDを世に出した。

産業用は、用途を徹底的に分析した上で、高信頼性、長期供給保証、インタフェース・機構の互換性維持等を行った製品展開をしてきた。例えば、山手線車両等に搭載されているトレインビジョン用には電車の振動下でも長期間耐えるLCDを開発、屋外の強い外光下で使用する用途には超高輝度(例えば1,000cd/m²) LCDを開発するなど、常に新製品の開発を他社に先駆けて進めてきた。

車載用LCDでは、強い外光が表示面に照射された状態

でも地図などの表示がはっきり見える耐光性、運転席・助手席のどちらから見ても良好な表示を確保できる広視野角特性、そして高い信頼性が重要である。これらの車載特有の要求に特化し、半透過型技術をベースに新たな光学設計を行い、車載用広視野角半透過型LCDを実現した。当社の半透過型LCDは自動車メーカーの要求に適合し、欧州の大手自動車メーカーに採用され、2006年から現在に至るまで出荷を継続している。

車載用LCDで広視野角化、高コントラスト化、低価格化の要求が強くなる中、それらを比較的バランスよく実現できるIPS型LCDの開発を加速した。当社は航空機用で培ってきた高品質IPS技術を車載用に進化させ、2013年から車載用8型IPS型LCDを出荷している。また、車載用LCDの世界でも求められ始めたタブレット端末ライクなデザインに対応するため、産業用で実績のあるオプティカルボンディング技術を活用した保護ガラス付8.4型のIPS型LCDも2013年から量産を開始している。

(注1) IPSは、(株)ジャパンディスプレイの登録商標である。

3. 現状と将来展望

2章で述べたように、当社は産業用・車載用LCDを中心に事業を展開している。図1は当社TFT液晶モジュールが使われている主な用途を示す。今後、産業用LCDは、航空機cockpitや医療用に代表される、顧客の個別要求に対応したカスタム製品と、POS(Point of Sales)・ATM(Automated Teller Machine)に代表される汎用的な仕様でコストが重要なコモディティ製品との2極分化が進むと考えられる。LCDの低価格化、多様化に伴い従来は用いられてこなかった分野への適用が広がり、LCDの市場は確実に拡大する。その一例として、タッチパネルと一体化した製品が挙げられる。

車載用でも、カーナビゲーションやリアシートエンタテ



図1. 三菱カラー TFT液晶モジュールの主な用途

特集Ⅰ：当社技術の変遷と将来展望

イメント、メータクラスタへの適用などLCDを使用する用途が広がり、1台に複数のLCDが使われるようになっている。

これらのLCDに適用される技術を図2に示す。LCDは、表示技術をベースに、様々な付加価値技術を用途に応じて取り込んだものとなってきた。またシステムと組み合わせたソリューション技術も製品の差別化を進める上で重要性を増すと考えている。ここでは、それらの代表的な技術の現状と将来展望について述べる。

3.1 超広視野角技術

超広視野角技術としては、いくつかの方式が提案されてきた。当社はIPS技術をベースとして超広視野角LCDの特性改善を進めている。

特に、高輝度・低消費電力・低コストのLCDを実現するため画素構造の最適化を行ってきた。例えば、ソース配線等から液晶に加わる漏れ電界をコモン電極を用いて電氣的に制御し、液晶分子が望まない方向に並ぶことを大幅に抑制できる新しい構造を開発した。液晶分子が望まない方向に配列した部分を透過する光は遮光する必要があるが、この遮光領域を最小化することができ、画素の透過率をあげることができた。この結果、低消費電力化が図れた。また、低コスト化のためには、構造形成方法を工夫し、最小のプロセスステップでLCDを製造できるようにした。

車載向けディスプレイでは、その設置位置の関係上、水平方向の視野角を十分に確保する必要がある。当社は、視野角と消費電力(高透過率)の改善のため、光学設計の最適化、画素設計の最適化を新たに行った。具体的には、液晶分子の配向制御や、TFT部分と画素電極部分を構造的に分離した新構造の開発などである。これによって欧州の自動車メーカーの要求を十分満足する高性能なLCDの生産を可能にした。

今後は、垂直及び斜め方向のコントラストを一層向上さ

せるために超広視野角技術を進化させていくことに加え、 -30°C のような低温での液晶応答速度改善への要求にも対応していく。また、更なる低消費電力化や高透過率化などを行い魅力ある製品を作っていく。

3.2 オプティカルボンディング技術

屋外用のLCDでは、水滴などから守るため、LCDの表面に保護用のガラスを設置する必要がある。この保護ガラス越しにLCDを見る場合、強い外光が入射すると保護ガラスの表面と空気層の界面で外光が反射し、大幅にコントラストが低下し視認性が悪化する。その対策としてLCDと保護ガラスとの間にガラスと同じ屈折率を持つ樹脂を充填することで、外光の反射を低減させる方法があり、オプティカルボンディング技術として知られている。当社は、この樹脂材料の改善と、その接着方法の最適化によって、高温や低温の厳しい環境下でも樹脂材料の剥離や気泡の発生を抑制できる高信頼性の接合技術を実現した。これによって、従来は民生品にしか適用できなかったこの技術を、船舶機器などに搭載する産業用LCDや車載用LCDに適用できるようになった。現在は、信頼性の点から表面保護用の材料はガラスが主であるが、将来的には、プラスチック材料の適用も期待されている。

3.3 タッチパネル一体化技術

これまでタッチパネルでは、抵抗膜方式が長く主流の地位にあった。しかし、2007年にPCAP(Projected CAPacitive)方式のタッチパネル(以下“PCAP”という。)を搭載したスマートフォンが発売されると、そのジェスチャー入力による直感操作の容易さ、画面を操作する楽しさが支持を獲得し、現在はタッチパネルの標準として認知されている。しかし、PCAPは指先が画面上に触れることによる微弱な容量変化を検知し位置を検出する原理から、表示エリア周囲の導体や、ノイズの影響を受けやすく、機種ごとに感度調整が必要となってくる。このため、抵抗膜

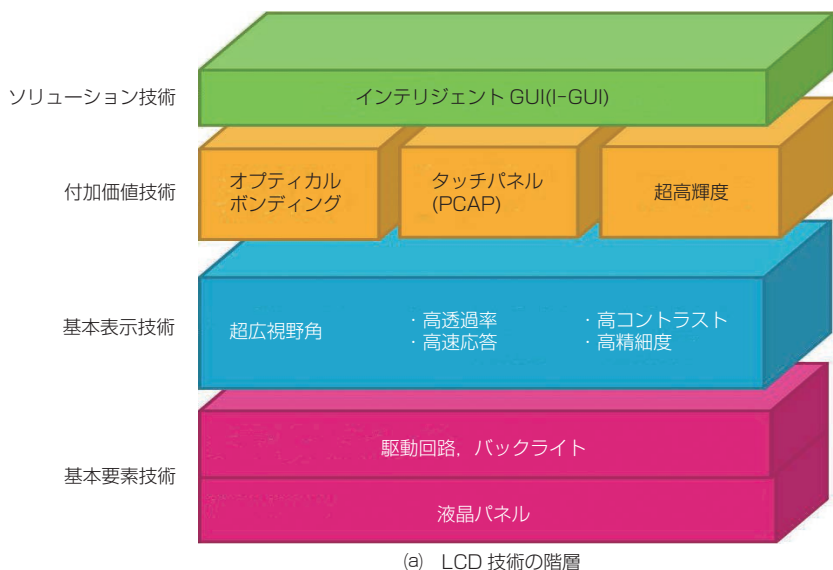


図2. LCDに適用される技術



(b) オプティカルボンディング技術
(直射日光下でも鮮やかな表示)



(c) タッチパネル技術
(手袋越しでの操作可能)

方式に比べて、ユーザー側の開発負荷が大きかった。

当社は、独自に開発したPCAPセンサをLCDと一体化させ、感度調整まで行った状態で顧客に提供する新しい形態を提案している。また、タッチ信号処理部には独自のファームウェアを導入することで、例えば水滴付着時の誤動作防止などが可能になった。

PCAPセンサの配線材料としては、一般的には透明導電膜が用いられているが、当社では微細な金属配線を採用している。これによって、色付きがなく、電極配線が視認されない、良好な表示を実現した。さらに、S/N(Signal to Noise)比も高く、大型化にも対応できるセンサとなっている。

当社のPCAPは、多様なサイズや解像度に対応する豊富なラインアップをそろえている。また、意匠部品となる保護ガラスでもサイズ、厚み、周辺の黒枠印刷等にも柔軟に対応している。さらにPCAPとLCDとのオプティカルボンディングも可能であり、顧客の各種要求に沿ったPCAP一体型LCDを提供できる。

今後、更なる耐ノイズ性の改善、超厚板保護ガラスへの対応、5点タッチ化等の機能向上を図っていく。また車載用で要求される超薄型化・軽量化に対応するため、LCD内部にPCAPセンサを内蔵したタイプの開発も進める予定である。

3.4 インテリジェントGUIシステム技術

PCAPの普及によって、直感操作性に優れたユーザーインタフェース(UI)画面が求められている。特に画面遷移時にアニメーションを導入し、機器側の反応をユーザーに直感的に伝えることや、指の動作に即座に追従する描画性能等は、スマートフォンに導入されている。しかし、一般的な産業用機器では、機器側の情報処理性能や、複雑なプログラミング作業が必要なことから、この対応はこれまで容易でなかった。このような課題を克服し、産業用機器

のユーザーにも、高品位なUI画面を実現可能とするため、当社はインテリジェントGUI(Intelligent Graphical User Interface：I-GUI)システムを開発した。

このシステムは、独自開発したグラフィックスボードとインテリジェントGUIデザイナーとよばれる開発環境で構成している(図3)。

グラフィックスボードには、ベクターグラフィックスを高速処理する当社のIP(Intellectual Property)コア“Sesamicro(セサミクロ)”を搭載しており、滑らかなアニメーション表示に必要な毎秒60フレームの高速描画を実現している。

インテリジェントGUIデザイナーは、表示コンテンツと入出力情報との関係付けを、複雑なプログラム開発なしで実現する機能を持っている。

このインテリジェントGUIシステムを用いることで、製品の差別化につながる高品位GUIの開発が容易になるとともに、顧客側の開発コストの大幅な削減も実現できる。この製品はメータ表示器、HMI(Human Machine Interface)表示器へ適用されつつある。

4. む す び

TFT液晶ディスプレイは、今後もディスプレイの中心として発展していくものと予想される。当社は、更なる高性能化や、システムとしてのソリューションを提供することで、より社会に貢献して行けるものと考えている。今後も世界トップクラスの製品を開発していく所存である。

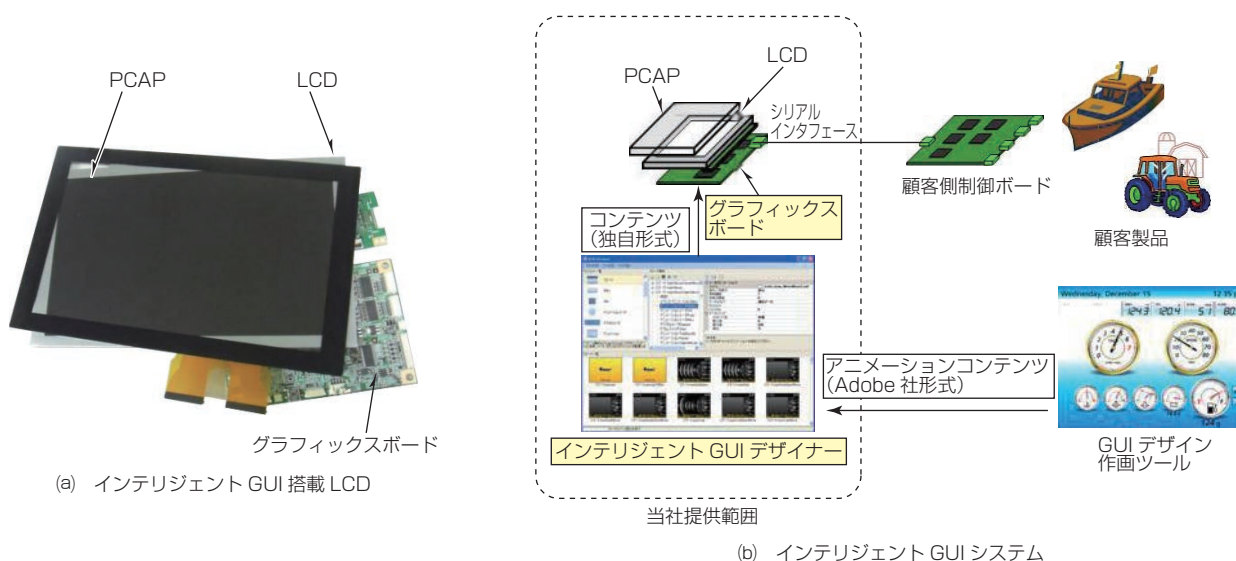


図3. インテリジェントGUI製品構成