

フラットパネルディスプレイ概論(6) FPDを支える部品・材料技術(1)タッチパネル

Introduction to Flat Panel Display (6) FPD to Components and Materials Technology (1) Touch Panel

Ukai Display Device Institute 代表 工学博士 鵜飼 育弘
YASUHIRO UKAI Ph.D.

Ukai Display Device Institute

1. はじめに

タッチパネル(Touch Panel)は、かつては駅の券売機、銀行のATMといった産業機器だけだったが、携帯電話機やデジタル・スチルカメラといった民生機器で使われるケースが急増してきた。特に携帯電話機分野では、スマートフォンの大ヒットによって、画面を指でポンポンと触ったり、なぞったりする操作が、すっかり当たり前になっている。今後は、タブレット端末をはじめ、タッチパネルの用途がますます広がっていくのは確実である。タッチパネルには、様々な方式があり、しかも各方式には一長一短がある。本稿では、タッチパネルの代表的な抵抗膜式と投影型静電容量式を取り上げ、その仕組みや、構造および特徴を述べる。さらに、用途の広がりとともに、技術そのものも急速に進化している。ここでは、内蔵型タッチパネルとしてイン・セル

(In-Cell)型やオン・セル(On-Cell)型といった、最新技術の動向も紹介する。

2. タッチパネルの構造と定義

図1にタッチパネルの構造と定義を示す。外付け型タッチパネルは、ディスプレイ例えばLCDやPDPの表面に取り付けるものである。一方、タッチパネル機能をディスプレイに内蔵するものとしては、In-Cell型とOn-Cell型がある。図1に示すように、タッチパネル機能をTFT-LCDセル内に内蔵したものをIn-Cell型と称し、偏光板とカラーフィルタ(CF)を設けたガラス基板の間にタッチパネル機能を内蔵したものをOn-Cell型と呼んでいる。

タッチパネルの方式は大別すると図2に示すように十数種類の技術があり、どの技術もオールマイティーではない。

図中の四角の枠で囲んだ方式はマルチタッチが可能である。

抵抗膜式は、最初に発明された技術であり、出荷台数および売上金額ともに大多数を占めていたが、AppleのiPhoneおよびiPadの登場で、最近では、投影型静電容量式が首位を占めるに至っている。

据え置き型では、表面型静電容量式、超音波(SAW)式及び赤外線走査式が主流である。これら5種類の技術で99%以上の出荷台数を占めている。

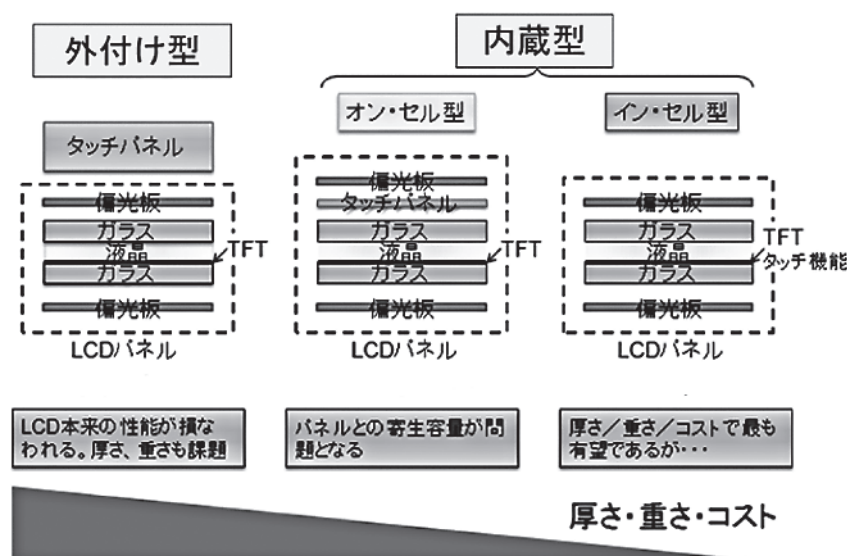


図1 タッチパネルの構造と定義

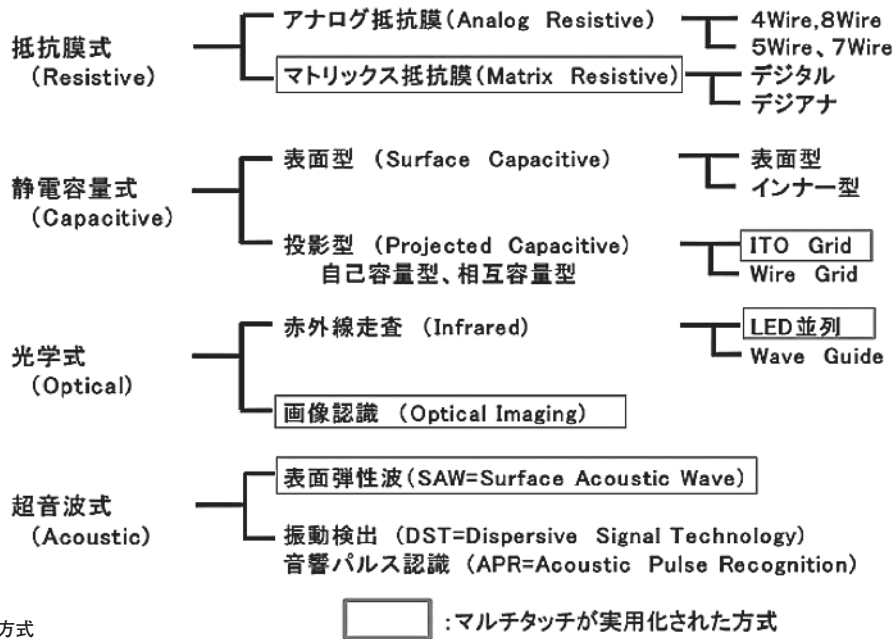


図2 タッチパネルの各種方式

 : マルチタッチが実用化された方式

3. 外付け型タッチパネル

ここでは、すべてのタッチパネルの説明をするには紙面の制約もありできない。そこで、代表的な抵抗膜式と投影型静電容量式について、構造と特徴を述べる。

3.1 抵抗膜式

抵抗膜式タッチパネルの構造は、図3に示すようにITO膜が均一にコーティングされた基板2枚を用いて、マイクロドット・スペーサ(5~10 μ m)と空気を挟み込んだ構造になっている。上部電極にはITO付フィルムまたはITO付薄板ガラスが用いられる。下部電極にはITO付フィルム、ITO付ガラス、ITO付プラスチックのいずれかが一般的に

用いられる。指または専用のスタイラスで上部電極を押下すると、上部が下部電極に接触して電流が通電する。電気抵抗の変化した接触点をコントローラICが演算処理することで、場所を検出する仕組みである。よって、ITO膜抵抗値は常に均一でなければならない。検出方式によって4線式、5線式、7線式、8線式がある。表1に抵抗膜式タッチパネルの特徴を示す。

表1 抵抗膜式タッチパネルの特長

- **長所**
 - 抵抗膜式は最も廉価な方式で、製品に広く搭載されている。
 - ペン及び指の双方での入力検出が可能。
 - ドラッグ・モーションタッチに対応。
 - 描画、サイン認証が可能。
 - 電磁ノイズによる影響に比較的強い。
- **短所**
 - フィルム等の積層化により透過性が悪い。
 - 透過性の向上など、機能を高めるとコストが必要となる。
 - 強靭性、耐久性の高い素材が求められる。
 - 鋭利な物体によるダメージを受けやすい。
- **タッチパネルメーカー**
 - 約60社以上が採用。

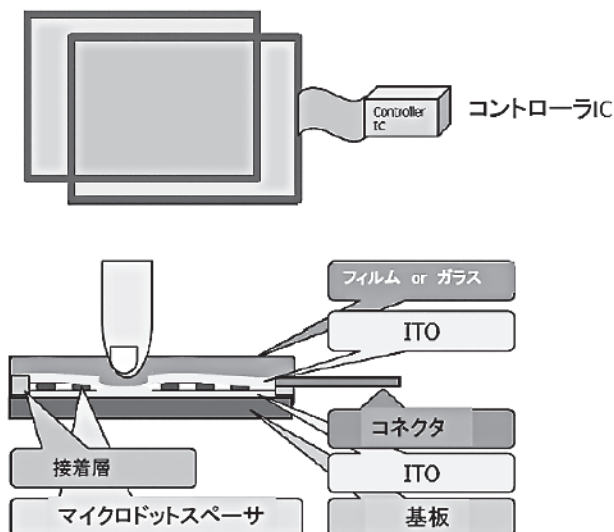


図3 抵抗膜式タッチパネルの構造

3.2 投影型静電容量式

今、話題の静電容量式には、表面型容量(Surface Capacitive)と投影型静電容量(Projected Capacitive)がある。表面型容量式タッチパネルの導電層はベタで(エッチングされていない)、パネル表面に均一な電界を発生させて四隅からタッチ位置までの距離に反比例した微弱な電流値を検出し、タッチされた場所を検知するものである。投影型静電容量式は、2層のエッチングされた導電膜による電極が縦横に配置されている。2層の導電膜の間には絶縁膜を設けている。タッチされた場所を電極間の静電容量の変化でとらえる方式である。

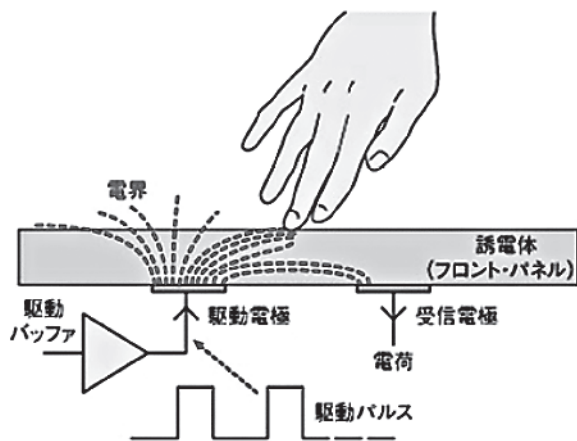
図4に投影型静電容量式タッチパネルの検出原理と構造を示す。表面静電容量式に比べ、構造は複雑になるが、マルチタッチに対応し、より高い精度でのタッチ位置の検知が可能なのが投影型である。投影型タッチパネルの構造は、上面から順に、ガラスやプラスチックなどの透明の絶縁体、ITOなどを用いて矩形の電極パターンを形成した電極層、タッチ位置の検知に必要な演算処理を行う回路を搭載した基板層が並んだ構造をとっている。電極層では、透明の絶縁体の上面と下面に、電極の矩形部がX軸方向もしくはY軸方向に沿って互いにつながるような電極パターンが形成されている。投影型におけるタッチ位置の検知は、これらの電極パターンに電流を流したときに、タッチを行った電極パターンの交点上で発生する静電容量(キャパシタンス)の変化を検知することにより行う。表2に投影型静電容量式タッチパネルの特徴を示す。図5にはiPhone 3Gに採用された構造(TFT-LCD上に実装

された投影型静電容量式タッチパネル付きモジュール)を示す。

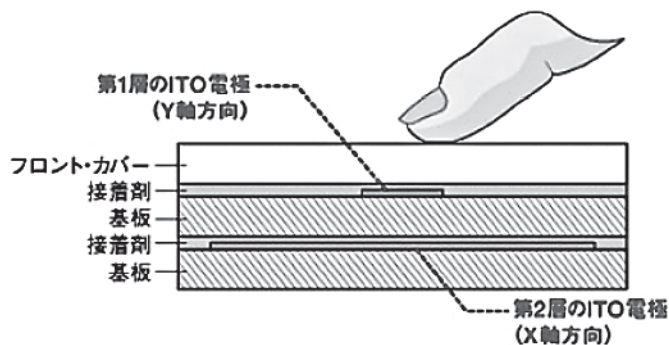
静電容量式のタッチパネルでは、タッチ時の圧力によって導電性物質が変形することはない。そのため、抵抗膜式のものよりも耐久性が高い。また、布を使ってディスプレイ表面をクリーニングする際に、誤動作を起こすこともない。ただし、これは静電気を帯びていない乾いた布を使用した場合に限られる。電磁ノイズや水分など、ディスプレイ

表2 投影型静電容量式タッチパネルの特徴

- ・ **長所**
 - ・ 携帯電話で人気を博した方式で、表面型に類似している。
 - ・ 表面型との差異は、格子状のパターニングを行っている点で、透過率、耐久性が高い。
 - ・ マルチタッチによる多点入力で、ピンチ、フリックなどの複雑な動作に対応。
- ・ **短所**
 - ・ 導電物以外でのペン入力ができない。
 - ・ コントローラICを含め、比較的成本高となる。
 - ・ マルチタッチ等の機能は、全てコントローラICに依存する。
 - ・ 電磁ノイズの影響を受けやすく、EMI対策が必要。
- ・ **タッチパネルメーカー**
 - ・ 約25社が採用。近年多くの企業が参入している。



(a) 検出原理



(b) 構造 (各層の誘電率はそれぞれ異なる)

図4 投影型静電容量式タッチパネルの検出原理と構造

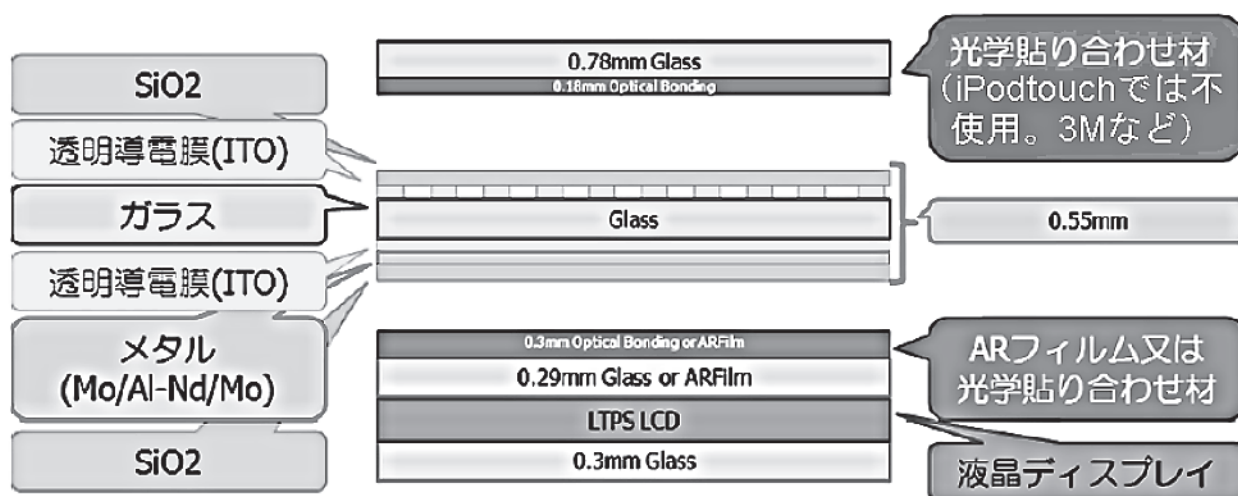


図5 iPhone 3Gに採用された構造

表面の静電容量の値に影響を与えるような環境的要因によって、静電容量式のタッチパネルでも誤動作を起こす可能性がある。また、手袋をはめている場合や、スタイラスに非導電性のコーティングが施されている場合など、タッチしても静電容量を変化させることができなくなるような外的要因によっても、誤動作したり、反応しなかったりすることがある。

4. 内蔵型タッチパネル

内蔵型タッチパネルの特徴は、

- ①デバイスの薄型化・軽量化・狭額縁化・堅牢化。
- ②TFT-LCD本来の特性を維持(外付けタッチパネルによるコントラスト比減少、輝度減少、表面反射増加)。
- ③タッチパネルの調達が不要になり、付加価値をパネルメーカーやCFメーカーに取り込める。

などである。外付け型およびOn-Cell型にはパターニングおよびフィルムのラミネーション技術が求められる。一方、In-Cell型にはTFT技術が求められる。In-Cell型にも抵抗膜式、光学式、容量式やそれらを組み合わせたハイブリッド型が開発・実用化されている。

On-Cell型は、抵抗膜式および容量式に限られている。すなわち、光学式はTFT技術で光学センサをTFTアレイ基板上に作製するため、TFT技術を必要とし、CFメーカーには参入のチャンスはない。On-Cell型タッチパネルの開

発・実用化が盛んな方式は、抵抗膜式と表面型容量式および投影型静電容量式である。パネルメーカーは、TFT製造に必要なプロセス数削減および製造ラインと商品戦略から、TFTラインを用いてタッチパネルのOn-Cell化対応を進めている。一方、CFメーカーはVA-Mode用CF工程の削減(光配向やPSA式など)に伴うラインの有効利用等の対応から取り組んでいる。

5. 技術動向

5.1 マルチタッチ技術

2007年にAppleが発売したiPhoneは2点検知が可能なタッチパネルを用いることで、例えば、撮影した写真を2本の指で自由自在に拡大・縮小ができるようにした。簡単な操作だけでなく、使う「楽しさ」をユーザーに提供した。これに続いて発売されたiPadは年間1000万台も売れ、この流れを決定付けたといえる。

マルチタッチの技術は、1982年にトロント大学のNimish Mehtaが提出した“A flexible machine interface”と題した修士論文が最初であることはあまり知られていない。最近では1~100点の同時入力が可能になっている。図2で抵抗膜式のアナログ抵抗膜では、マルチタッチは不可能であった。しかし、2点マルチ用のICが開発実用化され、このICを用いたデジタル・スチルカメラも市販されている。投影型静電容量式のタッチパネルは広くモバイル機器等に用いられているが、タッチパネルおよびICの価

格は抵抗膜式のそれらに比べ相対的に高い。しかも、現行の投影型静電容量式のタッチパネルは指でしか入力ができない。しかし、抵抗膜式は指のみならず手袋をしても問題なく、しかもペン入力も可能である。したがって、抵抗膜式はマルチタッチが可能になったことから見直される可能性が高い。

一方、静電容量式は透明導電膜として用いられているITOの導電率が小さいため、10型以下のタッチパネルとして広く用いられている。更なる大型化対応技術として、ITOに代わるAgナノ粒子等を用いたタッチパネルが実用化されている。

投影型静電容量式タッチパネルは、高精細化の方向に進化している携帯端末でさらに細かな操作を行うために合成樹脂製ペンを用いた入力への対応が求められているほか、寒冷地の屋外などにおける手袋を着用した状態でデジタル・スチルカメラの操作を行うなど多様な入力手段に対するニーズが高まっている。

最近、日立ディスプレイズでは絶縁体の入力情報を静電容量に変換することにより、合成樹脂製ペンや手袋をはめた手などの絶縁体による入力ができる投影型静電容量式タッチパネルを開発した。検出制御には、一般のコントローラICが適用可能であり、その操作性能として、ペン先直径が0.8mmの樹脂ペンによる操作では、座標検出誤差±0.5mm以下(座標検出精度:±1.0%)を達成しており、細かな文字の入力も可能。また、絶縁体の素

材としては、毛糸、天然・合成皮革、化学繊維など各種素材に対応できる。さらに、合成樹脂製ペンと指による同時操作もできるため、様々な利用シーンへの適用を想定した新しいアプリケーションや携帯端末機器の実現が可能になるという。

5.2 内蔵技術

図6に内蔵型タッチパネルの分類とSID 11(The Society for Information Display 2011)までに学会発表された代表的な論文番号を示す。

5.2.1 In-Cell型

5.2.1.1 光学型

2009年5月にシャープから発売されたノートPCに光学式のIn-Cell型タッチパネルが搭載された。この方式は、照明や太陽光などの外光が強いと、ノイズとなり位置検出が難しくなるという課題があった。実用化に当たっては周囲光を赤外線センサで検出し、使用環境を最適化する方法で対処していた。しかし、その後の展開が見られない。

この方式も含め各社が開発した方式は、センサの光源にバックライト・ユニット(BLU)の白色LEDを光源に用いている。しかし、入力としての指等の検出にはBLUおよび周囲光の両方の光源を考慮する必要があり、感度設定等の課題が多かった。

そこで、シャープは赤外線発光ダイオードを光源に用いたIn-Cell タッチパネルを開発した。これは、赤外線セ

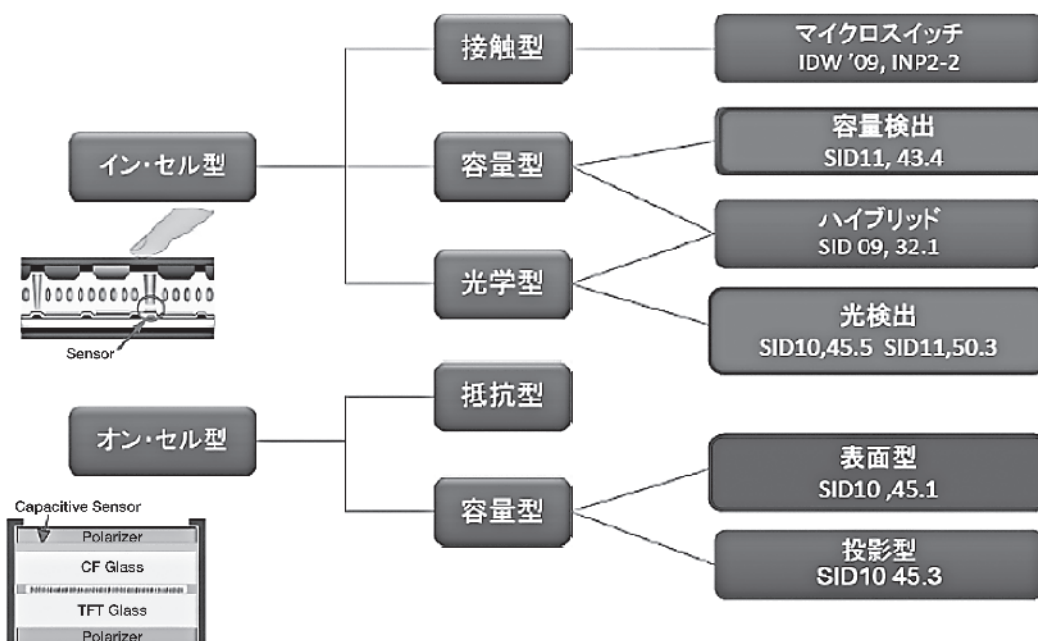


図6 内蔵型タッチパネルの分類と学会発表

ンサとして低温ポリシリコン(LTPS)によるラテラルpinフォトダイオードを内蔵したものである。このダイオードの感度は低いいためLTPS-TFTによるアンプを画素内に構成している。

SID 10での発表では、赤外光のオンとオフを交互に繰り返し、指からの反射光を含む信号と指からの反射光を含まない外光のみによる信号を光センサで順に検出するようにした(バックライト差分法という)。これら二つの信号の差分を取ることで、ノイズを除去し指の位置を精度良く検出できるようにした。この方式を3.8型WVGA(800×480)のTFT-LCDに採用することで7万ルクスの太陽光下でも使え、しかも消費電力はオン・オフの繰り返し方式によって1/40に低減できる。バックライト差分法の適用でシグナルのみ抽出が可能になり、画像解析によりユーザーの操作情報を詳細に把握でき、以下の機能の動作が可能となる。

- ①タッチした指の画像解析を行うことで、タッチした方向を検出する機能。
- ②タッチした指の接触面積を解析することで、指の圧力を検出する機能。
- ③シグナル光の強度を解析することで、指の高さを検出し、ホバー入力する機能。

ホバー入力は、従来のタッチパネルでは不可能であった。カーソルを移動させるだけの動作を可能にするという点で、ユーザーインタフェースにとって重要な機能である。赤外線検出式は低消費電力で、マルチタッチも可能であり今後のモバイル機器用In-Cellタッチパネルとして期待される技術である。

5.2.1.2 静電容量型

東芝モバイルディスプレイ(TMD)は、LTPS-TFT技術を用い静電容量式のIn-Cell型タッチパネル内蔵の7型WSVGA(1024×600)を開発した。このデバイスは、マルチタッチ入力が可能で車載、産業用途向けである。内蔵化によって、外付けタッチパネルの従来品に比べ厚みは57%減の約1mm、重量は48%の225g、そして外光反射率は約10%低減され、モバイル用途の機器の薄型化・軽量化、および省資源、省電力などの環境負荷低減が可能となる。さらに、明るい場所でも外光の反射が抑えられ鮮明な表示と直感的なマルチタッチ操作が可能となった。静電容量式のタッチパネルは、いかに指がパネルに軽くタッチしたことによる容量変化を確実に検出

できるかがカギである。すなわち信号(S)とノイズ(N)の比(S/N)を大きくすることが重要である。

TMDは、LTPS-TFTによるセンサ回路を開発し、センサが検出した信号を増幅して出力するためのアンプ回路を画素内に形成することで、センサの信号を確実にTFT-LCDの外部へ出力する構成とした。これにより安定で応答の速いタッチパネル動作を実現した。

5.2.2 On-Cell型

上述したように、In-Cell型は外付け型タッチパネルと比べ数々の特徴がある反面、

- ①画素にセンサや、これにアクセスするための配線を集積することに伴い、画素の開口率が減少する。
- ②構造が複雑化すること。即ち、TFT基板に画素回路とセンサ回路を集積する場合、製造工程の難易度が上がり、製造歩留まりに影響を与える。

ことがある。

そこで、On-Cell型は、高い開口率と簡単な構造のため注目を集めている。現在、TFT-OLEDに適用された投影型静電容量式タッチパネルはOn-Cell型で封止用ガラスにタッチパネル機能を付加したものである。Super OLEDの名称で商品化されているが、OLEDはSuperでないことに注意が必要である。TFT-LCDへの取り組みは種々報告されてはいるが、いずれも商品化には至っていない。TFT-LCDモジュールの薄型化とカラーフィルタ基板の両面加工技術との両立が困難なためと思われる。

6. おわりに

タッチパネルの方式は十数種類もあり、それぞれ一長一短がありオールマイティーでないことを述べた。現状のタッチパネルは、間接的な測定を基本にしており、今後は、直接測定が可能な技術の確立が望まれる。タッチパネルの技術は、ディスプレイデバイスと切っても切れない関係にある。特にモバイル機器には、薄型、軽量、狭額縁および低消費電力が必須である。ここで紹介したタッチパネルの内蔵技術は、これらの要求を満たすことだけでなく、ディスプレイメーカーにとって付加価値の創造と競合他社との差異化に繋がる重要な技術である。タッチパネルは今後も目が離せない技術の一つである。