

技術論文(1)

タッチパネルの市場と材料技術動向



株式会社タッチパネル研究所 開発部 部長
工学博士 中 谷 健 司

1：はじめに

AppleのiPhone、iPadで代表されるスマートフォンやタブレットPCが人気を博し、大きな市場を形成しているが、これらの基幹部品が静電容量型タッチパネルである。タッチパネルは昔から券売機やATMなどの公共用途で使用されていたが、スマートフォンやタブレットPCの個人用途の市場で使用されるようになり本格化した。タッチパネル拡大のキーワードはキーボードレスであり、入力インターフェースの大革命である。これを可能にしたのがジェスチャー機能とマルチタッチの実用化である。マルチタッチには2点タッチとそれ以上の真のマルチタッチが存在し、この二つの間には検出方法での大きな違い（コントロールICでの違いであるが）がある。真のマルチタッチとは10指以上の同時入力可能な事を示す。

現在使用されているマルチタッチの方式としては、マトリックス式抵抗膜、投影型静電容量、

赤外線遮断方式、画像認識型などがあるが、最終商品の表面性などから投影型静電容量タッチパネルが主流を占めている。

2：市場の動き

現在主流を占めつつあるのが投影式静電容量タッチパネルで、今後ともこの方式が主流を占めると見込まれている。市場は急速に拡大しており図1に示したように、2011年版の予測では2010年版の予測より2倍近い伸びが見込まれ、2014年には1兆6千億円の規模と予測されている。¹⁾

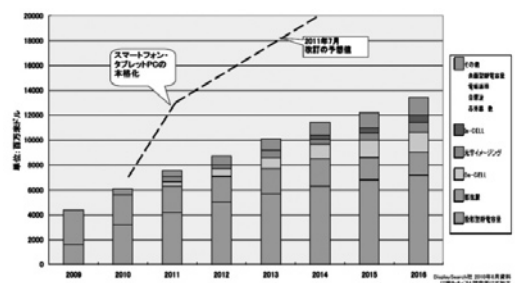


図1. タッチパネルの種類別出荷金額予想
(出展：DisplaySearch社資料に(株)タッチパネル研究所で加筆・加工)

この拡大の大部分が液晶パネル表面積層型と記載されている、いわゆるOn-Cellタイプタッチパネルを含めた静電容量式によるものである。

静電容量式タッチパネルのセンサー基板材料としてはガラス基板とフィルム基板が拮抗しており、わずかにフィルム基板の方が多いと考えられている。これは静電容量タッチパネルのセンサー部作成メーカーの多くが、以前は抵抗膜式タッチパネルを作成したメーカーであり、フィルムの扱いに慣れているためである。新規参入のメーカーはガラス基板を使用する事が多い。タッチパネルの用途として、現在はスマートフォンが大勢を占めているが、タブレットPCの拡大が続くと予想され、出荷されるタッチパネルの面積でみると図2の様に2012年にはスマートフォン用途を凌駕すると予測されている。²⁾ タッ

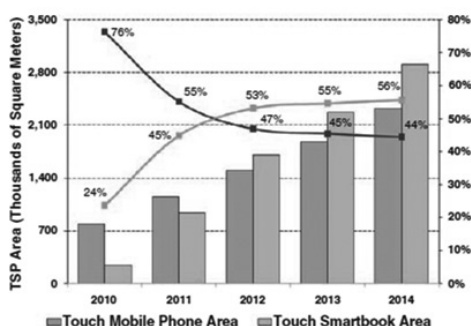


図2 スマートフォン (Touch Mobile Phone)とタブレットPC (Touch Smartbook)のタッチパネルの面積生産量予測
Information Display 2011年3月11日p14

チパネルのさらなる用途としてはデジタルサイネージ用途が有望である。最近では回転寿司屋での注文パネルに使用されたり、あるいは自動販売機の入力に採用されたりと生活の一部として使用されるようになってきた。

3：マルチタッチ・タッチパネルの種類と原理 (抵抗膜式と静電容量式)

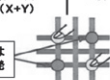
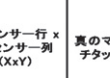
マルチタッチに対応出来るタッチパネルとしてはマトリックス抵抗膜タッチパネルがある。これは1～2mmピッチのストライプ状にパターン化したITO膜を2枚、数100 μ の空間を開けてX,Y方向に積層した構造をしている。指で押さえた時にその力で上下のITO膜を接触させて、その接触点で導通が生じる事を検知する方式で、フランスのStantum社が開発し、実用化している。³⁾ 各ストライプのITOに電圧を印加してマトリックススキャンする事で10指以上が同時入力・検出出来る。2点入力だけならオムロンが4線式のアナログ抵抗膜式タッチパネルのコントロールICに自社開発のICを採用する事で、2指で動作できるジェスチャー機能にも対応できると発表している。⁴⁾ 4線式のアナログ抵抗膜タッチパネルがそのまま利用できるので安価に作成できる事が特徴である。

投影型静電容量タッチパネルも位置検出の為にX,Yのセンサー電極をマトリックス状に配置した構造が必要で、マトリックスパターンとしては、一番一般的なダイヤモンドパターンや格子パターンの他にもフィッシュボーンパターン、スノーフレイクパターンなどの各種パターンが提案されている。ダイヤモンドパターンでは1面3層構成が知られているが、ITOのパターニング、絶縁層の成膜、絶縁層のパターニング、金属電極層の成膜、金属電極層のパターニングと2回の成膜 (ITOを含めると3回) と3回のエッチングが必要である。格子パターンではAppleが採用している両面成膜タイプが有名である。

マトリックスに配置したセンサー電極からの

信号検出方法には表1に示す様に、自己容量型

表1 投影型静電容量タッチパネルの検出方法

Projected Capacitive	Detection method	Scanning frequency	Input number	Others
自己容量型 Self Capacitive	指とITO層との容量変化 2点同時ではゴーストの発	ITOセンサーの行+列 (X+Y) 	2点 (同時不可) 	
相互容量型 Mutual Capacitive	指とITO層間 (行、列間) の容量変化 隣接する行、あるいは列の隣接センサー間の容量変化	Xセンサー行 x Yセンサー列 (XxY) 	真のマルチタッチ 	受信  

と相互容量型がある。自己容量型はタッチする指とX,Y電極との間に生じる容量変化を検出し、2指検出が可能である。検出にはX,Yセンサーの順次スキャンが行われる。ただし、自己容量型では同時2点接触の場合、ゴーストが発生する。最近の投影型静電容量タッチパネルは相互容量型の検出法を用いている。相互容量型には2種類ある。一つは送信電極と受信電極の間にコンデンサーを形成しておき、指が接近するとこのコンデンサーの容量が変化する事を検出する。マトリックススキャン (XxY回数のスキャン) が行われるので、性能のよいコントロールICが必要である。もう一つの方式は隣接するセンサー電極間の容量を測定する方式で、指の接触している部分と、接触していない部分の容量を比較して、どのセンサー電極に指が接近しているかを確定する。自己容量型と相互容量型の検出方法の違いはコントロールICの違いであり、パネルのセンサー電極パターンには関係ないので、外部からは差が判らない。

投影型静電容量タッチパネルではセンサーパターンが各種あるのと同じ様に、断面構造でも図3に示す様に数種類の構造がある。大きく分

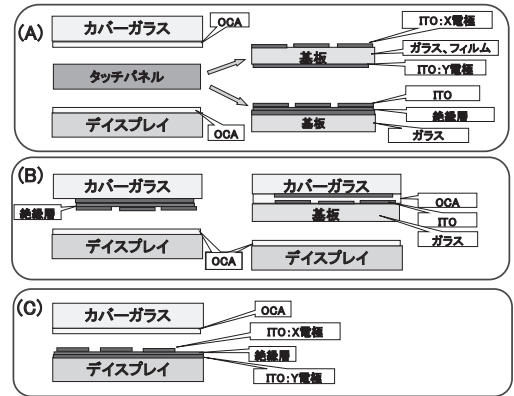


図3 静電容量タッチパネルの断面構造

(A) Discrete Type, (B) Window Type, (C) On-Cell Type

けるとOut-CellとOn-Cellに分かれ、Out-Cellにはデイスクリートタイプとウインドータイプに区別できる。デイスクリートタイプでは基板の表、裏にITOパターンを設けるタイプと、基板の表面にY電極ITO/絶縁層/X電極ITOを積層するタイプがある。このタッチパネルを光学的接着剤 (OCA) でカバーガラスに接着する。ウインドータイプはカバーガラスの裏面にY電極ITO/絶縁層/X電極ITOの3層を積層するタイプとカバーガラスの裏面にX電極ITOを設け、もう一方の基板にY電極ITO層を設け、この2つをOCAで接着するタイプである。On-Cellはディスプレイの上面基板の表面に3層を積層し、この上にOCAでカバーガラスを積層するタイプになる。基板としてはガラスとフィルムが利用できるが、微細加工精度などで選択される。現在はデイスクリート型が主流を占めているが、徐々にウインドータイプ、On-Cellタイプが増加している。

4：大面積タッチパネルの課題

静電容量タッチパネルが広く採用されるようになって、課題としてあげられるのが①額縁

配線部分の狭小化と②ITO層の低抵抗化である。ともに画面サイズが大きくなるにつれて注目されるようになった。大型パネルではセンサー電極の本数が増加し、例えば10インチパネルで6 mmピッチでセンサー電極を設けると60本程度の配線が必要になる。この配線はディスプレイの画面領域の外の額縁と呼ばれる領域に設けられる。配線数が増加しても額縁面積を増やしたくない、むしろ少なくしたいと言う要望があり、その為には配線のライン/スペース (L/S) を狭くし、且つ低抵抗化する必要がある。そのためには従来のスクリーン印刷に代わってフォトリソグラフィーを採用するメーカが増えている。一方 大型パネルではコントロールICに近いセンサー部分と、遠いセンサー部分では動作速度に差が発生する。これはタッチパネルの回路がRC回路になっており、応答の時定数が $R \times C$ によって決まるからで、センサー部分が遠いと R が大きくなるためである。

画面をスキャンする時間を長くするには限界があるので、センサー部の抵抗にはおのずと限界がある。これがICメーカが推奨する電極間抵抗値10～15K Ω 以下である。この電極間抵抗値内にセンサーの抵抗を納めようとする、例えば10インチクラスで約70 $\Omega/\square$ の抵抗以下にする必要がある。ガラス基板ではITO成膜時の基板温度を高めにする事で容易に達成出来る抵抗値だが、フィルム基板では耐熱性が不足で高温での成膜が困難である。現行ではPETフィルム基板を使用して140 $\Omega/\square$ ～100 $\Omega/\square$ のフィルム/ITO膜が市販されている。⁵⁾ より低抵抗のITO膜を作成するために耐熱性の高い透明なフィルム基板が必要で、JSRの「LUCERA」や昭和電工の「SHORAYAL」が約250℃の耐熱性

を有する新規な透明フィルムとして発表されている。⁶⁾ これらのフィルム基板では50 $\Omega/\square$ 程度の低抵抗ITOフィルムを作成する事が可能である。

一方 ITO材料での低抵抗化には限界がある事から、ITO以外の材料を用いて透明導電性膜を作ろうとする開発が進んでいる。その一つの例がイギリスのZytronic社が販売している金属ワイヤーを用いたタッチパネルである。⁷⁾ 直径10数 μ の金属細線をフィルム表面に貼り合せてパターン化している。このタッチパネルはJR東日本の自動販売機や不動産屋の店頭ディスプレイに利用されている。もう一つの動きがAgナノフィラー (ワイヤー) やAgナノ粒子を基板フィルム上に塗工して膜とするタイプである。Cambrios社が「ClearOhm」の名でAgナノフィラーを販売している。⁸⁾ 写真1に示す様

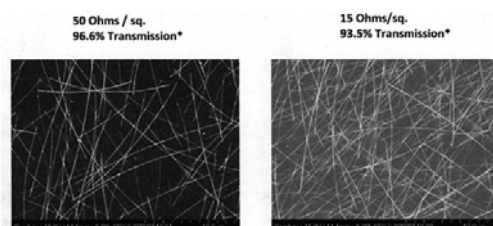


写真1 Cambrios社の「ClearOhm」フィルムの顕微鏡写真

白色の線がAgナノワイヤーで相互に接触して導通する。

にナノフィラーが互いに接触しあう事で導通が取れる構造であり、ナノフィラーの含量が増えるほど導電性は向上するが、透過率は低下する。透過率93%程度で15 $\Omega/\square$ の低抵抗が得られている。

このフィルムは東レや日立化成でも生産を開始している。⁹⁾ ゲンゼ、富士フィルム、大日本印刷ではAgナノ粒子でメッシュパターンの導電性膜を作成している。ゲンゼではDPT (ダ

イレクトブリンティングテクノロジー) という名前で印刷法を用いたメッシュパターン電極で50インチの大型タッチパネルを作成している。

¹⁰⁾ メッシュパターンでは目視でパターンが見えにくい様に300~500 μ ピッチのメッシュが採用される事が多い。最近3M社が「Patterned Transparent Conductor」と言う線幅3 μ の極細パターンで作成した導電性フィルムを発表している。¹¹⁾ 写真2に示す様に3 μ 程度の細い線

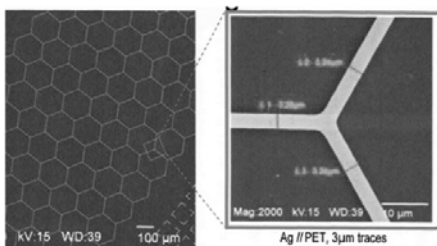


写真2 3M社の「Patterned Transparent Conductor」フィルム

幅のパターンでは目視で判別する事が困難になり、透明導電性フィルムの名前通りのフィルムになっている。

昨年末にSamsungがロールツーロール法で作成した30インチグラフェン膜を使ってタッチパネルを作成した事が話題になった。¹²⁾ 4層グラフェン膜では透過率90%で30 Ω /□の特性が得られている。ロールツーロール法での作成と言っても、Cu箔にCVDでグラフェン膜を作成し、それを樹脂フィルム基板に貼り付けた後、Cu箔をエッチングで溶解除去してグラフェン膜を得ると言う難しい作成法である。グラフェン膜は耐久性、パターンニング等の基礎的な技術検討の段階で今後の候補である。

大面積化で増加する配線電極本数と狭額縁化を両立するために、従来のスクリーン印刷による配線作成法にも検討が加えられている。これ

まではL/Sが100/100 μ 程度であったのがスクリーン印刷装置、印刷用版、印刷インキの改良によって50/50 μ が可能になってきた。さらなる線幅低減にはオフセット印刷法を採用して30/30 μ が検討されている。

細線化に有利であったフォトリソグラフィーを使用する場合は金属電極のMo/Al/Moの積層電極が広く使用されているが、Cu/Cu合金を使用して、一層の低抵抗化とコストダウンを狙う動きもある。

5：その他の材料

スマートフォンやタブレットPCでは最表面に枠が無い「面一」構造が一般的になっている。

この表面のカバーを「タッチウインドー」「タッチレンズ」と呼び、ディスプレイ画面以外の額縁部分を黒色などに着色した加飾ガラス、加飾樹脂シートが用いられる。表面の硬質性、透明性から化学強化ガラス板が用いる場合が多いが、その中でもコーニング社の「ゴリラガラス」が有名である。このゴリラガラスは従来の化学強化が表面から10 μ 程度の深さまでの強化に対して40 μ 程度までの深い強化が特徴で、割れにくく、傷つきにくい。¹³⁾

最近旭硝子の「ドラゴントレイル」、ショットガラスの「LAS80」と言ったゴリラガラスと同じ特殊強化ガラスが販売されている。タブレットPCの様に画面が大きくなるにつれて携帯するには重いと言う課題がある。軽量化のためにはタッチウインドーを樹脂化しようとする動きもあるが、ガラスの硬質感と高強度に代わる樹脂シートの候補がないのが現状である。高硬度樹脂シートとして鉛筆硬度が9Hを示す、有機・無機ハイブリッドの「シルプラス」など

もあるが、厚いシートが出来ていない。¹⁴⁾

タッチパネルでは必ず指で表面を接触するので、表面の傷つき防止（ハードコート）、指紋付着防止、そして視認性向上のための反射防止機能が表面に付与されたり、機能を持ったフィルムが貼合されている。

指紋付着防止では、従来はF系材料を用いた撥水・撥油性の表面を作成する事が一般的であった。撥水・撥油性表面では付着した指紋の油などを拭き取りやすいが、一方、付着した油は光を散乱して目立つ特徴がある。最近では、付着した指紋を見えにくくするために、濡れ性の良い表面とする表面処理が用いられている。

反射防止では従来からパネル表面に屈折率の違う層を積層する多層光学設計が行われている。

しかしこの方法では反射率に波長依存性が残ったり、多層化によるコストアップの問題があった。反射防止とギラツキ防止の両方を兼ねた表面としてモスアイ構造が検討されている。¹⁵⁾ これは最表面の樹脂層にアスペクト比が大きい微細な円錐状の突起を多数設けた構造で、これによって屈折率を空気中から樹脂層まで連続的に変化出来、波長によらない反射率の低減が可能である。又 微細な凹凸が生じているのでギラツキ防止にもなっている。

6：光学式マルチタッチ・タッチパネルの最近の動き

光学式では従来からある赤外線遮断式パネルの検出方式に改良が加えられ、10点同時検出が可能なパネルがタッチパネル研究所から発売されている。又 小型化には不向きと考えられていたが、6インチタイプの電子ブックにも採用されている。

カメラを用いた方式でも、カメラ、IR発光素子、受光素子の各部品の小型化が進み、ディスプレイ枠への組み込みが容易になり、2点入力での使用例が増加している。

タッチ位置を画像として取り込む、画像認識型としてマイクロソフトの「Surface」がタッチテーブルとして発売されている。¹⁶⁾ 図4に示

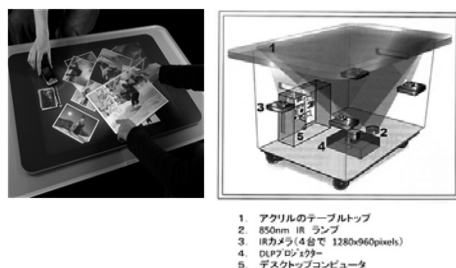


図4 Surface

す様に、プロジェクターで映像を半透明のテーブル表面に投影し、同時にIR光をテーブルに投影する。指でテーブルをタッチするとタッチによってIR光が反射されるので、これをカメラで映像として取り込む方式である。10点以上の同時検出が可能で、レストランのテーブルやホテルの案内机として活用されている。プロジェクターを使用しないで、LCDディスプレイを用いる「Surface 2」も開発されており、厚みが10cm程度になり、壁掛け型への応用も進んでいる。

さらに進んだ方式としてはタッチではなく動作そのもので入力する光学式の応用が進んでいる。これはマイクロソフトの「Kinect」で、IRレーザとIRカメラによって、ディスプレイの前に立つ人にIRレーザ光を照射して、人の動きに応じて変化する光点の位置をカメラで検出する事で入力信号に変換する方式である。¹⁷⁾

7：最後に

タッチパネルも市場が大きくなるにつれて、研究人口が増加し、ハード面やタッチパネルの使い方の面で新しいアイデアが次々に発表されている。その中で、今はスマートフォンやタブレットPCを超える新しい用途の開発とそれにあったタッチパネルとしてどの方式が採用されるかの模索の時期である。用途としては家庭ではTV、DVD、エアコンなどのリモートコントローラをタッチパネル付き画像式コントローラーへ一本化する可能性が高い。学校では教育のIT化で電子黒板のタッチパネル付きの採用が進んでいる。お店では電子カタログアプリでのPOP的な用途に、さらにバーチャル（仮想）試着室に応用が進んでいる。最近ロシアで話題はKinectを用いた仮想試着室である。街頭では地図案内板が拡大、縮小が出来る事で便利になっていたり、ビルではフロア案内がタッチパネル化されている。この様に各所での応用が広がっているのがデジタルサイネージと呼ばれる分野で多品種、少～中量の市場での拡大が静かに進行している。

文献

- 1) DisplaySearch 2011 Touchpanel Market Analysis
- 2) Information Display 2011年3月11日号 p14
- 3) Stantum HPより <http://www.stantum.com/en/>
- 4) 日経Tech-on 2011年5月30日 ロームIC発売情報より
- 5) 日東電工 カタログより
- 6) 日経Tech-On 2011年4月4日 JSR 「LUCERA」発表
日経Tech-On 2011年7月12日 昭和電工「SHORAYAL」発表
- 7) Zytronic HPより <http://www.zytronic.co.uk/>
- 8) Cambrios テクノタイムズ社 シンポジウム
2011年7月14日 Westwater講演資料 p27

- 9) 日立化成発表リリース <http://www.zaikei.co.jp/releases/15470/>
東レ発表 2011年4月8日 <http://www.toray.co.jp/news/film/nr110408.html>
- 10) グンゼ DPTカタログより
- 11) 3M 2011年 ファインテックセミナー FTJ8
- 12) Sukang Bae, et.al Nature Nanotechnology, 5, p574-578 (2010)
- 13) コーニング HPより
<http://www.corning.com/displaytechnologies/jp/products/gorilla.aspx>
- 14) 新日鉄化学 HP より http://www.nssc.co.jp/fc_material/sil_pjus.html
- 15) 三菱レイヨン プレスリリース <http://www.mrc.co.jp/press/p08/080116.html>
- 17) Microsoft HP <http://www.surface.com>
- 18) Microsoft HP Kinectより <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>