

金属配線を用いた高感度タッチパネル

野尻 勲* 上里将史**
大野 岳*
中村達也*

High Sensitivity Touch Panel Using Metal Mesh

Isao Nojiri, Takeshi Ono, Tatsuya Nakamura, Masafumi Agari

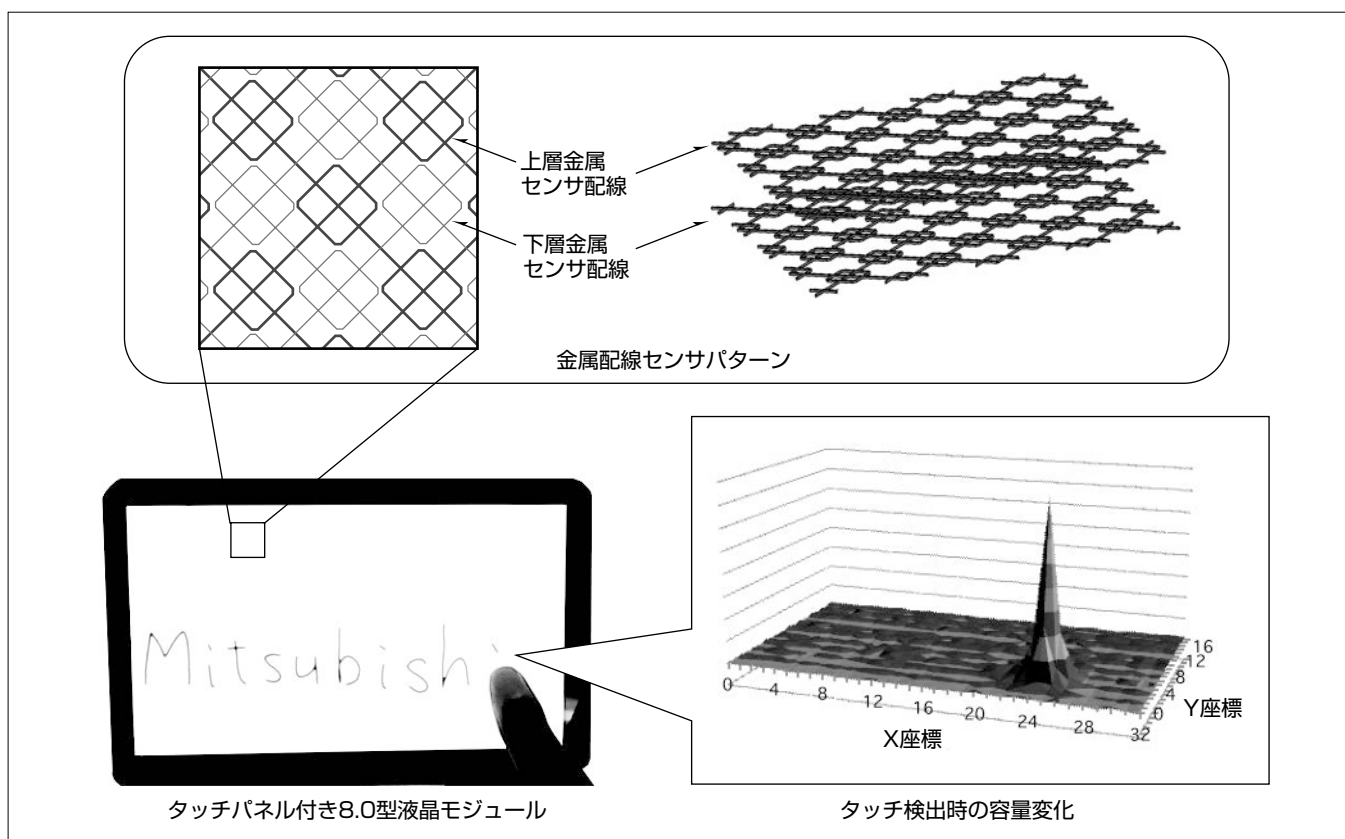
要 旨

タッチパネルは、投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルがスマートフォンへ搭載されて以降、そのジェスチャーによる直感的な操作性によって急速に普及している。この方式のタッチパネルは、操作性以外に意匠性、堅牢(けんろう)性、耐久性にも優れるため、コンシューマー向けだけでなく、従来は抵抗膜方式が使われていたPOS(Point Of Sale)端末、FA(Factory Automation)機器等の産業機器、及び車載機器でも採用が進んでいる。

これらの機器では、高速動作の要求に加えて厚い保護ガラスが、また、車載機器では低電圧駆動が要求される。PCAP方式タッチパネルは、このような条件下ではタッチ検出感度低下を引き起こすため、より高感度なタッチパネルが必要となる。

PCAP方式タッチパネルのセンサ電極として、一般的には透明導電膜であるITO(Indium Tin Oxide:酸化インジウムスズ)が用いられているが、ITOは抵抗率が高いため、低抵抗化を行うには厚膜化が必要になり、透過率の低下、センサ電極のパターン見えや色付き等の課題が生じる。

三菱電機では低抵抗の金属配線を用いたPCAP方式タッチパネルの開発を行っているが、今回、電磁界シミュレータを用いて、センサ電極の構造の影響を解析し、センサ構造を工夫することでタッチ検出感度を向上させた。この技術を用い、3Vで駆動可能な保護ガラス厚1.3mm、オプティカルボンディング構造(タッチパネルと液晶を樹脂で接着した構造)のタッチパネル付き8.0型液晶モジュールを開発した。



金属配線を用いた高感度タッチパネルを搭載した8.0型液晶モジュール

タッチパネルのセンサ配線として微細なアルミ配線を採用し、上層配線と下層配線の2層配線からなる。低抵抗の金属配線を使用することに加えてセンサ電極構造に工夫を行うことで、更に高感度なタッチ検出性能を実現した。この技術を用い、3V駆動、保護ガラス厚1.3mm、オプティカルボンディング構造(タッチパネルと液晶モジュールを樹脂で接着した構造)のタッチパネル付き8.0型液晶モジュールを開発した。

1. ま え が き

タッチパネルは、投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルがスマートフォンへ搭載されて以降、そのジェスチャーによる直感的な操作性によって急速に普及している。この方式のタッチパネルは、操作性以外に意匠性、堅牢性、耐久性にも優れるため、POS端末、FA機器等の産業機器、及び車載機器でも採用が進んでいる。

これらの機器では、堅牢性を向上させるため厚い保護ガラスの適用が求められ、また、車載機器では低電圧駆動が求められる。PCAP方式タッチパネルは、保護ガラス越しに指先の有無による微弱な静電容量(電荷量)の変化を検出することで指の位置を特定するため、厚い保護ガラスの適用や低電圧での駆動は、タッチ検出感度の低下を引き起こす。

当社では、タッチパネルの配線材料として微細金属配線を使用することで、センサ電極の低抵抗化を行った⁽¹⁾。また、電磁界シミュレータを用いてセンサ構造を最適化することでタッチ検出感度を向上させ、3Vで駆動可能な保護ガラス厚1.3mm、オプティカルボンディング構造⁽²⁾(タッチパネルと液晶モジュール間を樹脂で接着し、空気層をなくすことで反射光を低減する構造)のタッチパネル付き8.0型液晶モジュールを開発した。

本稿では、このタッチパネルに用いたセンサ電極技術、及び開発したタッチパネル付き8.0型液晶モジュールについて述べる。

2. PCAP方式タッチパネルの動作原理

PCAP方式タッチパネルの中で最も主流である相互容量方式タッチパネルの動作原理について、図1を用いて述べる。相互容量方式タッチパネルは、X、Yセンサ電極のうち、一方の電極から駆動用の信号を入力して他方の電極でセンシングを行う。駆動信号を入力することで、電極間に電界が発生し、容量が形成される(図1(a))。指が近づくと、電界は指とセンサ電極との間でも形成されるため、電極間

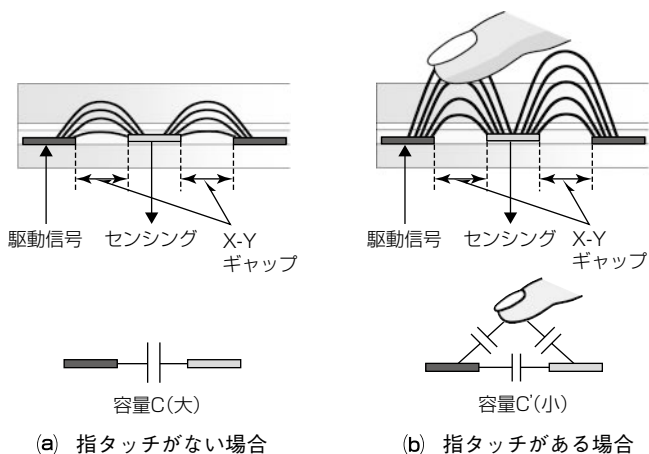


図1. PCAP方式タッチパネルの動作原理

の電界は減少し、その結果、容量値は減少する(図1(b))。相互容量方式タッチパネルは、この微弱な容量変化 $\Delta C (=C-C')$ を検知し、指の位置を検出するものである。

図1に示すように、駆動用電極とセンシング用電極の間にはスペース(X-Yギャップ)が存在する。このX-Yギャップが非常に狭いと電極間の電界が強まるため、指が近づいた時の電界減少量(すなわち、容量変化量)が少なくなり、タッチ検出感度は低下する。このためX-Yギャップを最適化することが、相互容量方式タッチセンサのパターン設計として重要である。

3. 金属配線を用いたセンサ電極の基本構造

図2に当社タッチパネルのセンサ電極の基本構造を示す。アルミ材料による微細配線を、光を透過するように一定の間隔(配線ピッチ)で網目状に接続している。この微細配線は絶縁膜を介して上層及び下層に形成され、さらに、この配線が4~8mmの幅を持ってX方向及びY方向に延伸され、X及びYセンサ電極を構成している。各X及びYセンサ電極は直交し、マトリックスを構成する。

不透明な金属配線をセンサ電極として用いた場合、配線が視認されることが懸念されるが、当社では3 μ m幅の微細配線の使用、及び配線表面の低反射化によって、金属配線が視認されないようにしている。

また、一般的に、一定間隔で繰り返し配置された金属配線を液晶ディスプレイの表示面に重ねると、配線と画素の干渉による縞(しま)模様(モアレ)が視認されることがある。当社では、先に述べた微細配線の適用に加え、配線ピッチの最適化、及び液晶ディスプレイの画素配列方向に対する金属配線パターン角度を最適化することで、モアレの発生を抑制している。

さらに、図1に示すX-Yギャップ中には、表示画面の視認性に影響を与えないように、X、Yセンサ電極と非接続で、わずかな隙間を持ったフローティング電極を配置している。

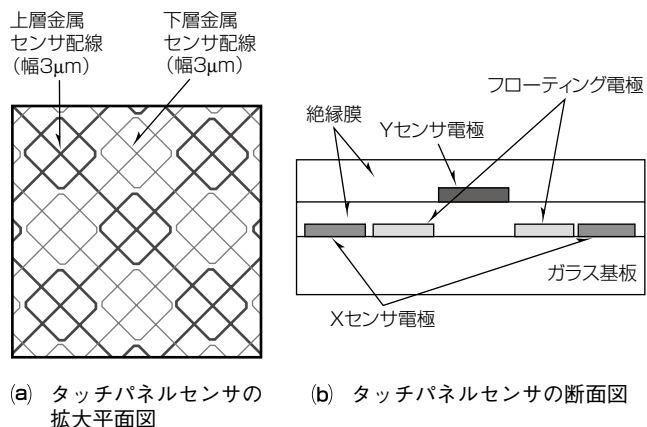


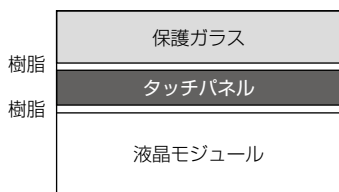
図2. センサ電極の基本構造

4. タッチ検出性能の向上

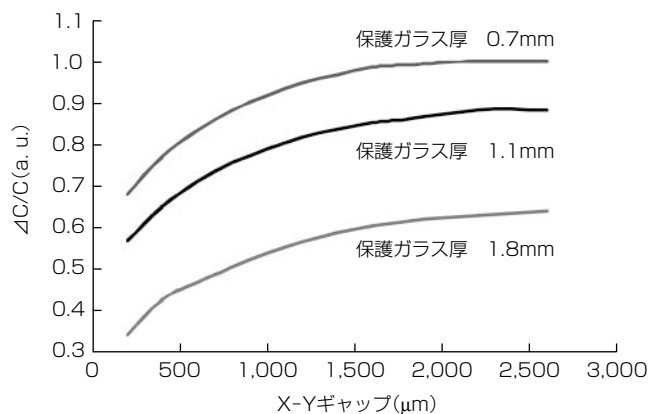
今回、電磁界シミュレータを用いてセンサ構造の解析を行った。相互容量方式タッチパネルの性能評価では、2つの指標を用いた。1つは、タッチ検出感度 $\Delta C/C$ である。Cはタッチなしの場合のX-Yセンサ電極間容量、 ΔC はタッチありの場合の容量Cの変化量を示す。相互容量方式タッチパネルの動作原理から分かる通り、 $\Delta C/C$ がタッチ検出感度を示す。もう1つはセンサ電極のRC遅延時間(センサ電極抵抗RとX-Yセンサ電極間容量Cの積)である。RC遅延時間が小さい場合、センサを駆動するスピードを上げることができ、その結果一定時間内の駆動回数を増やすことでノイズレベルを低減し、S/N(Signal to Noise)比を向上させることが可能になる。

今回行ったシミュレーション条件(断面図)を図3(a)に、また、保護ガラス厚をパラメータとしたタッチ検出感度($\Delta C/C$)のX-Yギャップ依存性のシミュレーション結果を図3(b)に示す。

図3(b)に示すように、タッチ検出感度を大きくするためにはX-Yギャップをより広くする必要があるが、タッチ検出感度の上昇率はギャップの増加とともに減少し、飽和していく傾向にある。また、このX-Yギャップは数mm幅のセンサ電極の中で電気伝導に寄与しない部分であるため、ギャップを広くすることは、実効的なセンサ電極幅が狭くなり、その結果、電極抵抗を高くなってしまふ。このため、配線抵抗の上昇を抑えつつタッチ検出感度の低下を抑える別の方法を導入することが必要になる。



(a) シミュレーション条件(断面図)



(b) $\Delta C/C$ のX-Yギャップ依存性シミュレーション結果

図3. タッチ検出感度のX-Yギャップ依存性

この課題を解決するため、従来(図4(a))は各X-Yギャップ間に1つであったフローティング電極を複数の小エリアに分離した(図4(b))。次に、そのシミュレーション結果について述べる。

図5にフローティング電極を分離した場合と分離しない場合のタッチ検出感度($\Delta C/C$)を、ITO電極と比較して示す。なお、ITOは抵抗率が高いため、ITO電極は網目状配線ではなく面形状の配線パターンを用いている。図5に示す通り、フローティング電極を分離した金属配線のタッチ検出感度($\Delta C/C$)はITO電極に対し約50%アップしている。また、フローティング電極を分離しない場合に比べても約25%アップしている。

図6にフローティング電極を分離した場合と分離しない

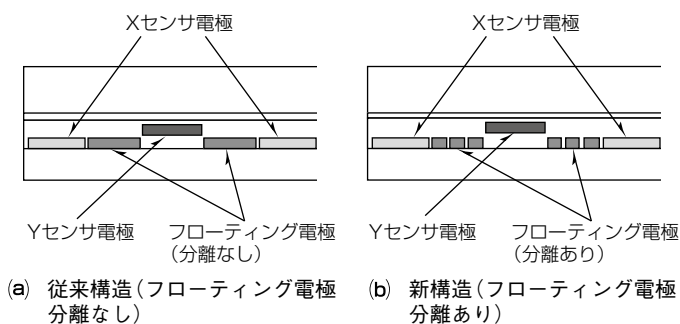


図4. センサ電極構造の比較

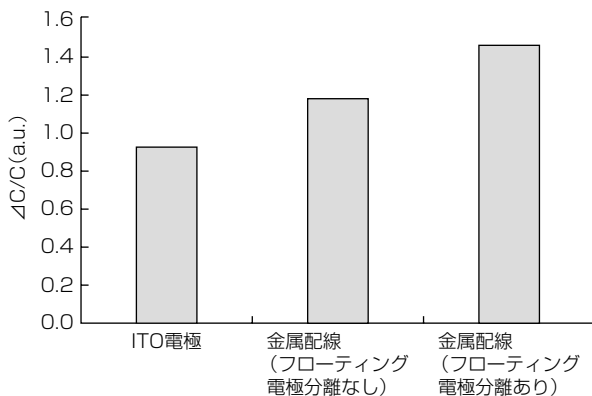


図5. タッチ検出感度($\Delta C/C$)の電極構造依存性

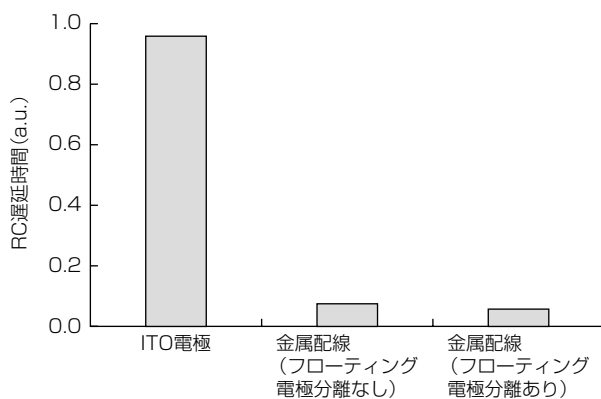


図6. RC遅延時間の電極構造依存性

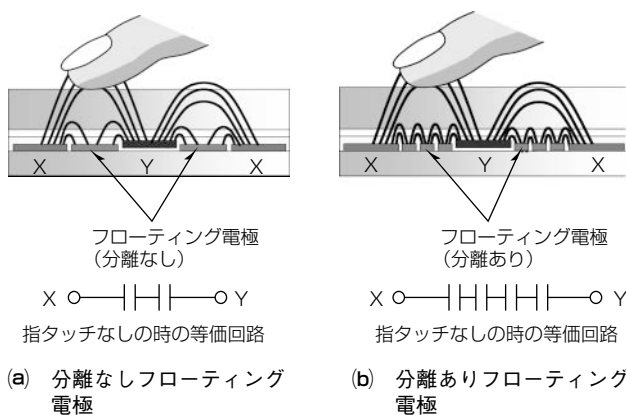


図7. フローティング電極を分離した効果

場合のRC遅延時間を、ITO電極と比較して示す。図6に示すように、金属配線を用いた場合のRC遅延時間は、ITO電極に比べ約90%小さく、またフローティング電極を分離した場合は、分離しない場合に比べ更に20%小さくなっている。

このように、フローティング電極を分離したセンサ電極構造はフローティング電極を分離しない場合に比べ、タッチ検出感度が向上し、またRC遅延時間が小さくなる。

次にフローティング電極を分離したことで得られる効果について、理由を述べる。図7は、フローティング電極を分離した場合と分離しない場合の断面図及び等価回路図を示す。

指タッチがない場合、フローティング電極はX-Y電極間で直列容量を形成する。このため、フローティング電極の分離を行った場合、直列容量数が増加し、電極間容量Cが低減する。一方、指タッチがある場合は、電界が縦方向に大きく広がるため、フローティング電極を分離した場合と分離しない場合とで電極間容量Cに与える影響はほとんど同じである。このため、両者で ΔC はほとんど変わらない。

このように、フローティング電極を分離することで、 ΔC に影響を与えることなくX-Yセンサ電極間容量Cが低減し、この結果、タッチ検出感度($\Delta C/C$)の向上及び、センサ電極のRC遅延時間を低減させることが可能となる。

なお、ITO電極の場合は電極構造が面形状であるため、電極間の電界が多く、X-Y電極間容量Cが大きくなる。この結果、タッチ検出感度($\Delta C/C$)も低下する。

5. 8.0型液晶モジュールへの適用

図8に今回開発したタッチパネル付き8.0型液晶モジュールを、表1にその仕様を示す。保護ガラス厚は1.3mm、駆動電圧は3V、座標出力レートは5ms以下の高速動作が可能である。

図9に駆動電圧3Vでのタッチ検出時の容量変化(5点タッチ時)を示す。この図に示す通り、タッチ検出位置は、はっきりと識別されている。

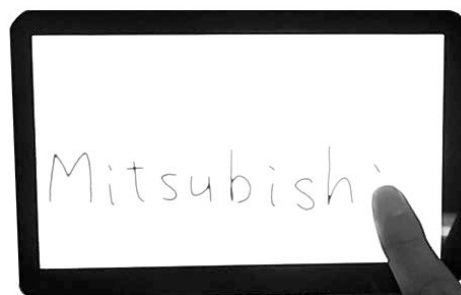


図8. タッチパネル付き8.0型液晶モジュール

表1. タッチパネル付き8.0型液晶モジュールの仕様

保護ガラス	1.3mm厚強化ガラス
タッチパネル基板	0.5mm厚ガラス
タッチパネル-液晶間構造	オプティカルボンディング
画面サイズ	8.0型
検出方法	相互容量方式
タッチパネル透過率	90%以上
センサ幅	5.4mm
マルチタッチ数	最大10点
座標出力レート	5ms以下
駆動電圧	3V

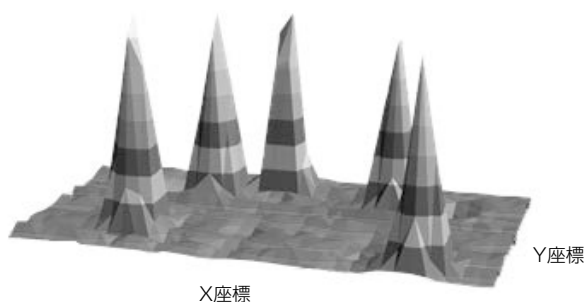


図9. タッチ検出時の容量変化(5点タッチ時)

6. む す び

当社では、ITO材料より低抵抗のアルミ材料を用いた独自の2層構造金属配線タッチパネルを開発した。金属配線を用いた場合に課題となる表示画面の視認性については、3 μ m幅微細配線の使用、配線表面の低反射化、センサパターンの形状の工夫等によって改善した。

さらに電磁界シミュレータを用いてセンサ電極の構造の影響を解析し、センサ構造の工夫を行った。この技術を用い、3Vで動作可能な保護ガラス厚1.3mm、オプティカルボンディング構造のPCAPタッチパネル付き8.0型液晶モジュールを開発した。

参 考 文 献

- (1) 森成一郎, ほか: 産業用投影型静電容量方式タッチパネル, 三菱電機技報, **87**, No. 5, 305~308 (2013)
- (2) 河野誠之, ほか: 屋外対応TFT-LCD技術, 三菱電機技報, **83**, No. 5, 337~340 (2009)