

産業用投影型静電容量方式 タッチパネル

森 成一郎* 中川直紀**
岡野祐一* 上里将史**
宮原景泰*

Projected Capacitive Touch Screen for Industrial Use

Seiichiro Mori, Yuichi Okano, Kageyasu Miyahara, Naoki Nakagawa, Masashi Agari

要 旨

投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルは、軽いタッチのジェスチャー入力で直感的な操作を可能とするため、近年、スマートフォンやタブレットPCなどととも急速に普及している。操作性、意匠性、堅牢(けんろう)性、耐久性に優れる同方式タッチパネルは、POS(Point Of Sale)端末、FA(Factory Automation)機器、船舶用モニタ等の産業機器でも、今後普及していくことが予想される。

産業機器では、厚い保護ガラスの適用や、屋外での視認性を高めるガラスボンディング構造⁽¹⁾(タッチパネル-液晶間を樹脂で接着し、空気層をなくすことで反射光を低減する構造)等の要求があり、高感度で、耐ノイズ性が高く、高速動作が可能なタッチパネルが必要となる。

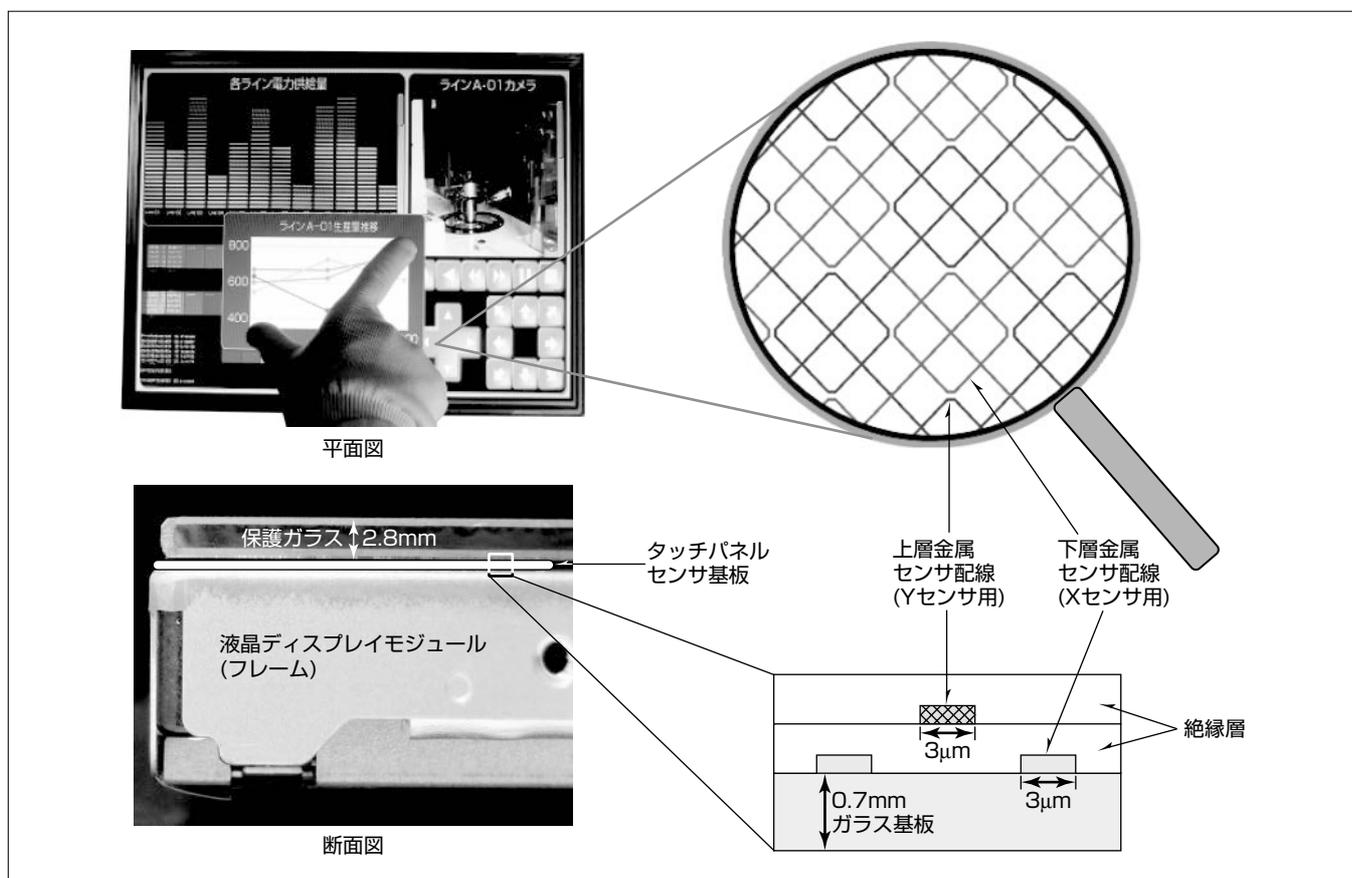
一般的には、静電容量センサ電極としてITO(Indium

Tin Oxide:酸化インジウムスズ)材料が用いられているが、表面抵抗率が高いITO材料で低抵抗とする場合、センサ電極の厚膜化が必要になり、透過率の低下や、センサパターンが視認されやすくなるなどの課題がある。

三菱電機ではITO材料より低抵抗の微細金属配線を使用し、産業用途に適したタッチパネルを開発した。

センサ設計の最適化と低反射微細配線プロセス技術によって、15型の画面サイズ、保護ガラス2.8mm厚、ガラスボンディング構造の試作機で、全光線透過率93%、高感度で手袋操作を可能とするタッチパネル性能を達成した。

現在、同技術を使用したタッチパネル付液晶モジュールの製品化を進めている。



産業用投影型静電容量方式タッチパネルの構造

低抵抗のアルミ材料を用いた独自の2層構造微細金属配線タッチパネルである。微細金属配線のピッチ、センサパターンレイアウトの最適設計によって、見栄え、透過率、タッチ検出感度に優れたタッチパネルを実現した。このタッチパネルを使い、大型サイズ、厚い保護ガラス越しでも動作する産業用途向けタッチパネル付液晶モジュールを製品化する。

*液晶事業統括部 **先端技術総合研究所

1. ま え が き

投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルは、軽いタッチのジェスチャー入力での直感的な操作を可能とするため、近年、スマートフォンやタブレットPCなどとともに急速に普及している。操作性、意匠性、堅牢性、耐久性に優れた同方式タッチパネルは、POS端末、自動販売機、券売機、ATM(Automatic Teller Machine)、車内表示機、船舶用モニタ、FA機器に代表される産業機器でも、今後普及していくことが予想され、産業用液晶モジュールに最適なタッチパネルが求められている。

当社では、独自の2層構造微細金属配線センサを使用し、産業用途向け液晶モジュールに最適な、高感度で高透過率のタッチパネルを開発した。

本稿ではタッチパネル開発と試作した保護ガラス厚2.8mm、ガラスボンディング構造の15型タッチパネル付き液晶モジュールについて述べる。

2. 産業用タッチパネルの開発目標と課題

2.1 産業用タッチパネルの開発目標

産業用途でも、PCAP方式タッチパネルへの要求が強くなっているが、既存の民生向けとは要求仕様が異なるため、新たに産業用液晶モジュールに搭載可能なタッチパネルを開発する必要がある。

産業用途でのユースケースを踏まえ、開発目標を次のように設定した。

- (1) 大型サイズ(15型以上)
- (2) 高感度なタッチパネル性能と堅牢性の両立(保護ガラス2.8mm厚で手袋越しに操作できること)
- (3) 屋外環境対応(ガラスボンディングで動作可能)
- (4) 液晶表示性能の維持(センサパターンが視認されず、透過率90%以上、低反射率、タッチパネル搭載による色変化がないこと)

2.2 産業用タッチパネルの課題

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の変化を検出して入力位置を特定するため、液晶モジュールから発生するノイズの影響を受けやすい。2.1節で述べた開発目標を満足するためには、2.2.1項から2.2.3項の3つの課題を解決する必要がある。

2.2.1 保護ガラスを厚くした場合の影響

堅牢性を向上させるため保護ガラスを厚くすると、指先とタッチパネルセンサ間に形成される静電容量(以下“タッチ容量”という。)は小さくなりタッチパネルの感度は低下する。

図1は保護ガラスの厚さとタッチ容量の関係を示したグラフである。保護ガラスの厚さをタブレットPC機器などで一般的に使用される1.1mmから2.8mmに変更した場合、

タッチ容量は40%まで低下する。

2.2.2 タッチパネル画面の大型化の影響

画面の大型化はタッチパネルと液晶モジュール間の重なり面積を増加させる。その結果、タッチパネルー液晶モジュール間の結合容量(寄生容量)が増加し、液晶ノイズの影響が大きくなり、タッチ検出時の信号雑音比(S/N比)が悪化する。

2.2.3 グラスボンディング構造の影響

屋外での視認性を高めるガラスボンディング構造はタッチパネルー液晶間を樹脂で接着し、空気層をなくすことで反射光を低減する構造で、異物の混入、結露などを防止し堅牢性が高く、高い屋外視認性と信頼性を実現する。しかし、タッチパネルー液晶間に充填される樹脂の比誘電率は空気よりも大きいため、寄生容量が増加し、液晶ノイズがタッチパネルに伝わりやすくなり、タッチ検出時のS/N比が悪化する。

図2は保護ガラスと液晶画面の間に空気層がある通常構造とガラスボンディング構造の寄生容量を示している。グ

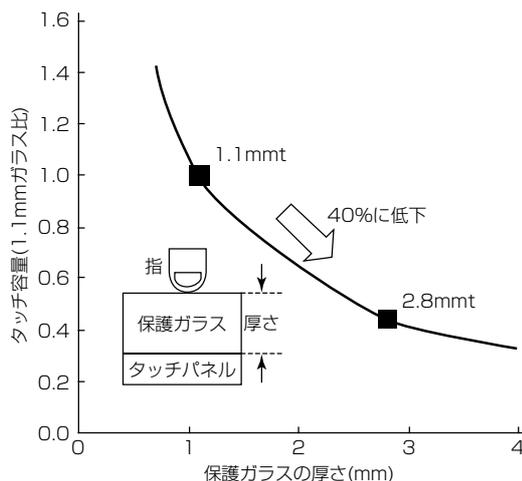


図1. 保護ガラスの厚さとタッチ容量の関係

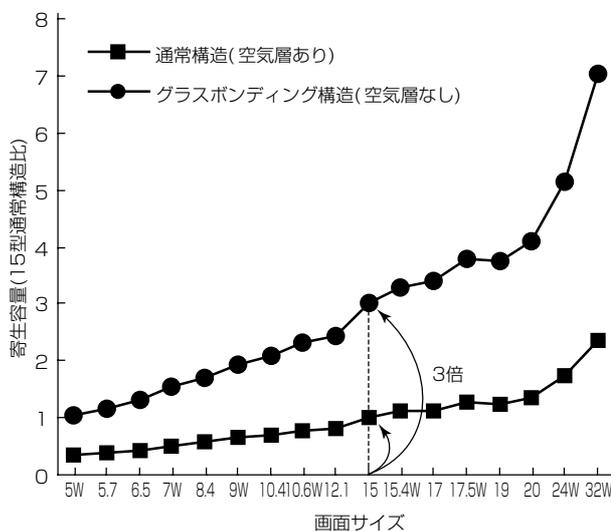


図2. 画面サイズとタッチパネルー液晶間寄生容量

ラスボンディング構造での値は、通常構造に対し約3倍となり、液晶ノイズも比例して拡大する。

このように厚い保護ガラスの適用、画面サイズの大型化、グラスボンディング構造の適用時は、タッチパネル検出動作のS/N比が大幅に低下するため、高感度で耐ノイズ性が高く、高速で動作することが可能なタッチパネルが必要となる。

3. 新構造タッチパネルの開発

3.1 センサ材料

一般的に静電容量センサ電極として使用される透明電極にはPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムやガラス基板に成膜したITO材料を用いることが多い。しかしながら表面抵抗率が高いITO材料で大型化する場合、センサ電極の厚膜化が必要になり、透過率の低下や、センサパターンが視認されやすくなるなどの課題がある。近年、銀ナノワイヤ材料、高透過カーボンナノチューブ、グラフェンを利用した透明導電膜など、新しい低抵抗材料⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾が提案されているが、大型化に必要な十分な性能と量産性に課題も残る。当社では、センサ電極を低抵抗にするため、液晶モジュールの製造で実績のあるアルミ材料を用いた微細金属配線構造のタッチパネルを開発した。

3.2 センサ構造と課題

新開発したタッチパネルセンサの構造を図3に示す。3 μm 幅の金属微細配線は、光が透過するように一定間隔(配線ピッチ)で、網目状に接続し4~8mm幅のセンサ電極を構成する。各センサ電極はX及びY方向にマトリクス状に配置し、2層構造のタッチパネルセンサ(図3(a))となる。同図(b)はX及びYセンサ電極の交差部分を拡大した図である。同図(c)はセンサ配線部の拡大図となる。

一般的にアルミなどの不透明な金属配線を網目状に配置したセンサパネルを、液晶モジュールの表示面に重ねると

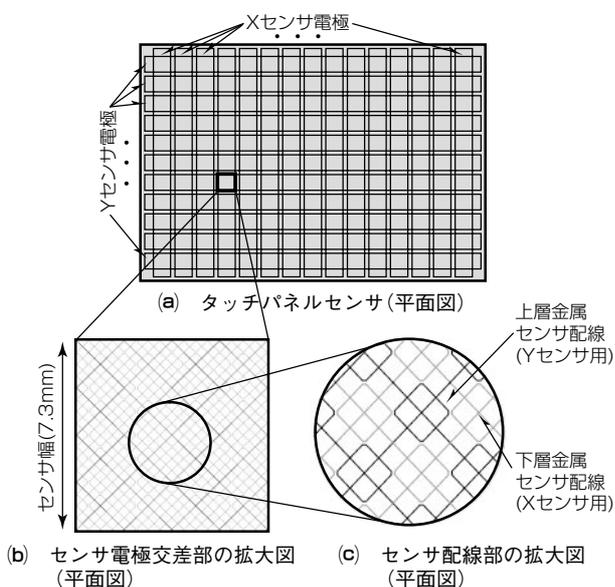


図3. タッチパネルセンサの構造

センサ配線そのものが視認されたり、周期的な縞模様(モアレ)が視認されたりする。このような課題を改善するには網目状の微細金属配線センサの配線幅、センサ配線間の配線ピッチ、液晶モジュールの画素配列方向に対するセンサ配線パターンの角度や形状を、感度と透過率を損なわずに最適化する必要がある。

3.3 センサの最適化設計

図4はセンサ基板に1.3mm厚の保護ガラスを0.2mm厚の透明粘着シートで貼り合わせた構造における、タッチ容量及びセンサ透過率とセンサ配線ピッチの関係を示したものである。

センサ配線ピッチに対し、タッチ容量と透過率はトレードオフの関係にある。透過率95%とするために、センサ配線ピッチを500 μm に広げても、指とセンサ間には電界の広がりがあるため、タッチ容量の低下は20%と少なく、保護ガラスの厚さを2.8mmにした場合の低下を考慮してもセンシングに必要なタッチ容量を維持できる。

次にセンサ配線の視認性やモアレの最適化を行った。

図5はセンサ表面に拡散光源を照射した条件で、視点からセンサ面までの距離30cmで4 μm 幅のセンサ配線パターンが視認される限界点を計算した結果である。必要な透過率とタッチ容量を得るためにセンサ配線ピッチを500 μm に

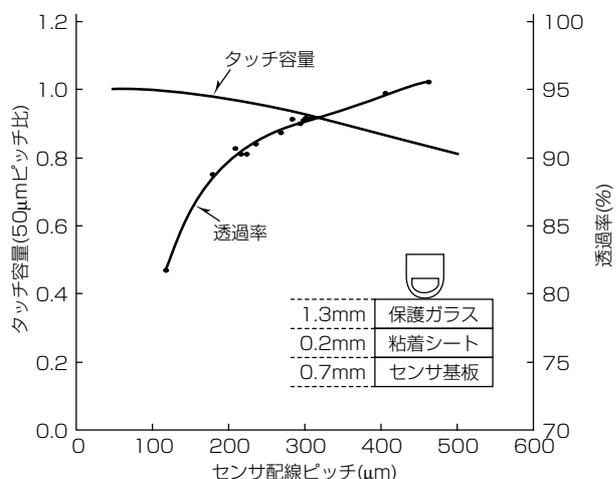


図4. タッチ容量と透過率のセンサ配線ピッチ依存性

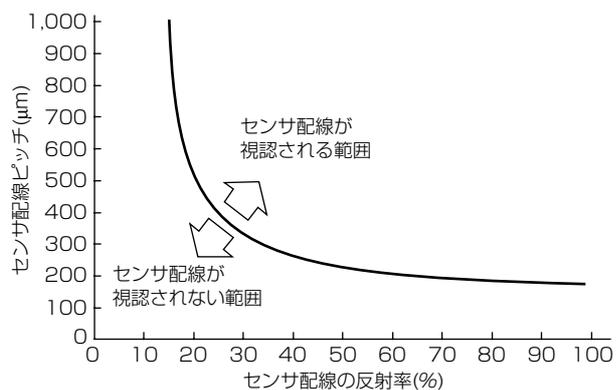


図5. パターン視認性とセンサ反射率、配線ピッチの関係

◇一般論文◇

広げても、センサ表面の反射率を20%以下に下げればセンサ配線が視認されないことを示している。この反射率は、新たな低反射微細配線プロセス技術の採用によって実現している。

また、液晶モジュールの画素ピッチとセンサ配線ピッチの差による周期的な輝度変動によって発生するモアレも、透過率の面内分布の計算によって、液晶パネルの画素配列方向に対するセンサ配線パターン角度を45°にするとともに、配線ピッチを最適化することで改善した。

これらによって、試作パネルのセンサ配線幅、センサ配線ピッチ、センサパターン形状を決定した。この結果、試作パネルのセンサ抵抗は一般的なITOセンサと比較し1/2～1/5にすることができ、見栄えや透過率についても開発目標を満足することができた。また、反射、透過特性に波長依存性を持つITO材料を一切使用していないため、タッチパネルによる色変化がないことも新センサの特長となる。

3.4 新構造センサ対応コントローラの開発

センサ開発とともにタッチパネルコントローラも開発した。独自センサパターンに対応した座標演算処理や、意図しないタッチ入力による誤動作を抑制するための指と掌(てのひら)等を判別する処理など、性能を向上させる独自の検出制御処理技術を用いることで、厚い保護ガラス越しでの高精度な位置検出など、産業用途で求められる性能を満足するタッチパネルを実現した。

4. 15型試作機

図6は試作モジュールの外観で、図7はモジュールの断面図である。表1は、試作モジュールの仕様を示す。

開発目標通り、15型の画面サイズで座標出力レート8ms/回の高速度動作、2.8mm保護ガラス越しでも手袋操作が可能なタッチパネル性能を達成できた。

また、超高輝度液晶モジュールと組み合わせることで、タッチパネル付きで1,500cd/m²の超高輝度を達成し、明るく過酷な屋外環境でも高い表示性能を実現することができた。

5. むすび

低反射微細配線プロセス技術とタッチパネルセンサ配線設計技術を用いて、ITO材料より低抵抗のアルミ材料を用いた独自の2層構造微細金属配線タッチパネルセンサを開発した。

この技術によって15型の画面サイズ、保護ガラス2.8mm厚、ガラスボンディング構造の試作機で、全光線透過率93%、手袋操作が可能な高感度性能を達成した。

現在、同技術を使用して6.5型、10.4型、12.1型の産業用途向けタッチパネル付液晶モジュールの製品化を進めている。今後、9型ワイド、10.6型ワイドなどの他の画面サイズへの展開も随時行っていく予定である。



図6. 試作モジュール

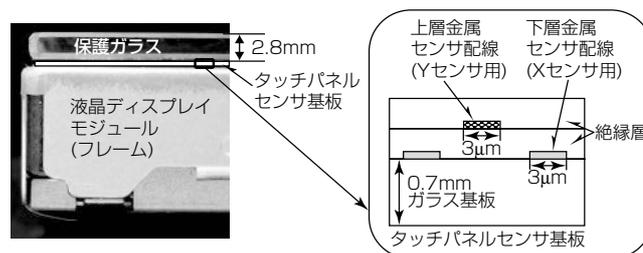


図7. 試作モジュールの断面図

表1. 試作モジュールの仕様

液晶モジュール	AA150XS11
画面サイズ	15型(307×234(mm))
解像度	1024×768
輝度	1,500cd/m ²
センサ数	X: 42本, Y: 32本
センサ幅	7.3mm
保護ガラス厚	2.8mm
センサガラス厚	0.7mm
タッチパネルー液晶間構造	ガラスボンディング
全光線透過率	93%
座標出力レート(1点タッチ時)	8 ms
手袋操作	可能
インタフェース	USB/UART

USB : Universal Serial Bus

UART : Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

参考文献

- (1) 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)
- (2) Ho, T.-K., et al.: Simple Single-Layer Multi-Touch Projected Capacitive Touch Panel, SID Symposium Digest, **40**, No. 1, 447~450 (2009)
- (3) Sierros, K.A., et al.: Highly Durable Transparent Carbon Nanotube Films for Flexible Displays and Touch-Screens, SID Symposium Digest, **41**, No.1, 1942~1945 (2010)
- (4) Yun, Y.S., et al.: Transparent conducting films based on graphene oxide/silver nanowire hybrids with high flexibility, Synthetic Metals, **162**, No.15-16, 1364~1368 (2012)