

任意形状ディスプレイ (ハート型液晶) の開発

高取 憲一・野中 義弘・柳瀬 慈郎

要 旨

低温ポリシリコンTFT技術を用い、四角でない表示エリアの周辺に駆動回路を内蔵することにより、ハート型といった任意形状の液晶ディスプレイを実現しました。従来の液晶ディスプレイとは異なる新しいアプリケーションへの展開を目指します。この技術は液晶ディスプレイにとどまらず、TFTを使う有機ELパネルや電子ペーパーなどのディスプレイにも適用できます。

キーワード

●任意形状 ●ハート型 ●非矩形 ●デザイン

1. はじめに

TFT (Thin Film Transistor) を含む画素をマトリクス状に並べたTFT液晶パネルは、液晶テレビを始めとして幅広く利用されています。TFT液晶パネルが使用されるアプリケーションは、モバイル、モニターテレビ、産業、広告(デジタルサイネージ)など、様々です。これらはすべて四角い矩形ディスプレイを利用したアプリケーションです。

画素がマトリクス状に配置されていない直接駆動型の液晶パネルは、様々な非矩形形状のアプリケーションに利用されています。最も身近なものとして、腕時計が挙げられます。また、車のスピードメーター用途は遅くとも1982年には検討されています。

一方、TFT液晶パネルは四角形がずっと主流であり、非矩形形状の応用は遅れていました。その理由は以下と考えられます。①映像ソースがマトリクス状のデータであること、②画素が矩形のマトリクス状に配置されていること、③ガラス基板からの切断で矩形が最も面積効率が良いこと、④保管・輸送で矩形が最も効率が良いこと、などです。「効率」がすべてのベースにあると考えられます。

2. 任意形状液晶ディスプレイへの流れ

TFT液晶パネルの高画質が認識され、「効率」的な矩形と異なる、様々な“かたち”の用途でも、TFT液晶パネルが望まれつつあります。例えば、図1に示すような、表示方法を変更できるスピードメーターや、インパクトある形で宣伝内

容を更新できる電子POP、更には、好きな映像を好きな時に表示できる電子ペンダントなどのアプリケーションです。

従来の四角いTFT液晶パネルを異型の筐体を使うアプリケーションに利用した場合について、具体的に検証してみます。ここでは、図2のようにハート形の電子ペンダントを例に取ります。従来のTFT液晶パネルは、矩形の基板に、矩形の表示領域、矩形のドライバICと矩形づくしです。これをハート形の筐体に入れ、ハート形の窓を通して観察すると、筐体のほとんどの部分が表示の観点で無駄な空間となり、有効表示部はきわめて狭くなります。図2に示す例では、花が数輪見えるのみです。この例から、有効表示領域の減少を嫌い、従来、異型の筐体に対し矩形の窓が開けられてきた理由が分かります。しかし、デザイン効果が台無しである上、有効表示部は小さな矩形の領域に限定されていました。



図1 様々な“かたち”の要求

任意形状ディスプレイ（ハート型液晶）の開発

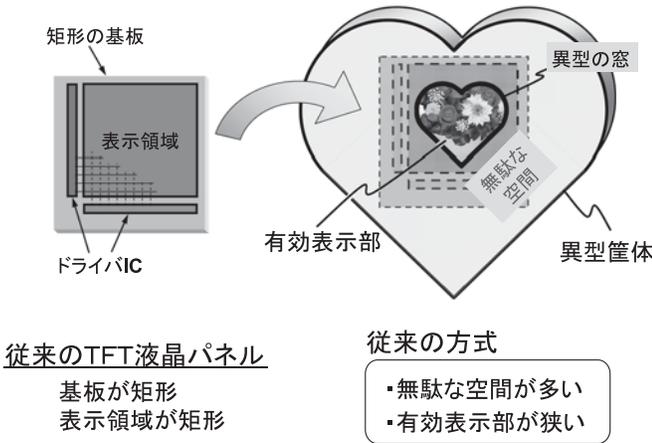


図2 従来のTFT液晶パネルと異型筐体

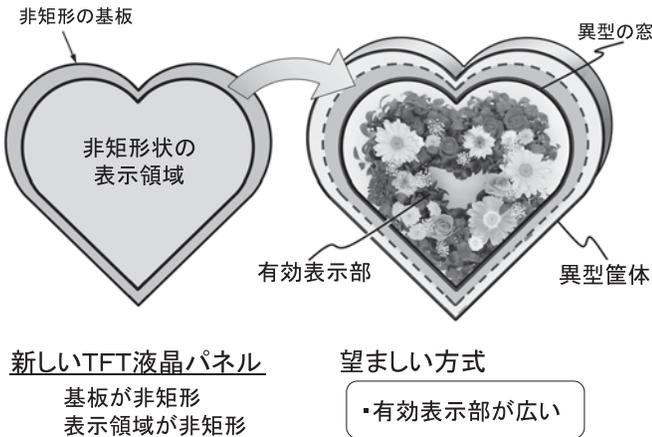


図3 異型筐体に適した新しいTFT液晶

では、非矩形の外形を持ち、表示領域も非矩形の新しいTFT液晶パネルが誕生した場合、どうなるでしょうか？ 図3のように、新しいディスプレイでは、非矩形の表示領域にほぼ沿った形の非矩形の基板外形が実現できたとします。これをハート形の筐体に入れ、ハート形の窓を通して観察します。先ほどの例とうって変わり、無駄な空間は激減し有効表示部がきわめて広がります。図2の映像ソースが、ハート形のブーケだったことが初めて分かります。プロダクトデザイナー並びにコンテンツデザイナーが望むディスプレイの誕生です。

このように、効率に縛られた世界から脱し、デザイナーや最終ユーザーの本当のニーズに合わせた、様々な“かたち”

を実現するディスプレイ「任意形状ディスプレイ」が望まれます。「任意形状ディスプレイ」は、新たな価値を創出するVIT（Value Integrated TFT）技術の1つと位置づけています。

3. 低温ポリシリコンTFTによる実現

低温ポリシリコンTFTを使い、ディスプレイ基板上に各種の回路を作り込むSOG（System On Glass）技術は、TFT液晶パネルへの機能取り込みとして広く用いられてつあります。従来、SOG技術を四角いディスプレイに使うことで、高精細の画素、狭額縁（表示部の端から基板の端までの距離が短いこと）などを実現しています。

このSOG技術の特徴は、非矩形のディスプレイでも有利に働きます。画素と周辺の駆動回路を同時に形成するため、矩形のICに代わり非矩形の表示領域に沿って駆動回路を配置することができます。すでに、丸いディスプレイなどがいくつか発表されています。

弊社は、丸よりさらに複雑な形状をSOG技術で実現する方法を提案しました。その一例として、外形に凹みを有するTFT液晶パネルを開発しました。ハート形の表示領域にほぼ沿った基板外形を、狭額縁という条件で達成するための回路・画素の配置上の工夫により、ハート形TFT液晶パネルの試作に世界で初めて成功しました。

4. 弊社の設計の特徴

弊社の設計と、他の手法との違いを 図4 に示します。従来のTFT液晶パネルは、図2の左図のように、矩形の表示領域の周囲（左側と下側）に矩形のドライバICを配置します。矩形の表示領域は、縦横のマトリクス状に複数のゲート線と複数のデータ線が配置され、これらの配線に囲まれた領域が画素となっています。また、表示領域内のゲート線・データ線と、矩形のドライバICとが接続されています。この矩形のTFT液晶パネルの構造をほぼ保ち、ハート形のTFT液晶パネルを作ると、図4の右図のようになります。すなわち、縦横に交差するゲート線とデータ線を保ったまま、その中からハート形の表示領域を切り抜くように設計します。このとき、図2の左図にならぬ、ゲート線に接続するゲート駆動回路を表示領域の左側に配置します。

ここで、問題が生じます。ハート形の中央上部に凹みがあ

るため、左側に配置したゲート駆動回路からの配線が途切れてしまいます。この結果、ハート形の右上の濃く塗った領域は駆動できなくなってしまいます。この領域を駆動するためには、左側のゲート駆動回路とは別に、濃く塗った領域専用のゲート駆動回路を用意する必要があります。この結果、駆動回路が複数に分割されてしまいます。

データ線に接続するデータ駆動回路も図2の左図にならい、表示領域の下側に配置します。ハート形の下凸部に応じて、データ駆動回路は折れ曲がって配置されます。このとき、別の問題が生じます。ハート形の左側では、ゲート駆動回路とデータ駆動回路が重なって配置されてしまいます。このような重なりが生じると、この領域の額縁は、ゲート駆動回路の幅とデータ駆動回路の幅を合わせた幅以上が必要となります。このような構成が、狭額縁に向かないことは明らかです。

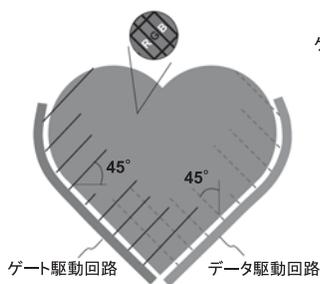
弊社が提案する設計方法を、図4の左図に示します。図4の

右図と最も異なる点は、配線が縦横でなく傾いており、かつ、画素も同様に45度傾いている点です。この配置により、ゲート線（実線）は左下から右上の方向に並び、データ線（破線）は右下から左上の方向に並びます。ゲート駆動回路とデータ駆動回路は、それぞれ、表示領域の外形に沿って左側または右側に配置され、かつ、各々1つのみで表示領域全体を駆動できます。その結果、駆動回路が分割されない、駆動回路同士の重なりがない、という特徴が生まれます。また、駆動回路の長さを足し合わせた回路の全長は、右図の方法に比べ40%ほど短くなります。このようなシンプルな設計を実現できることは、狭額縁という性能に貢献します。

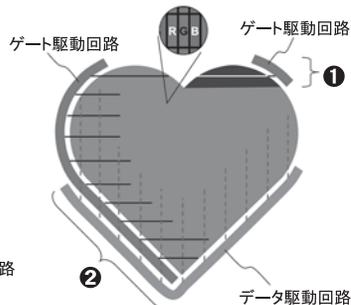
今回紹介するハート形の試作品を例に取っていますが、この設計手法は、ハート形以外の様々な形状でも有効です。図5に、弊社の設計手法で実現可能な、任意形状液晶パネルの一例を示します。1つは“雨粒（水滴、涙）”の形です。尖った角と、凹みと、丸い形から成っています。もう1つは“くるま”です。多数の凹みと、出っ張りに加えて、丸い部分と直線が多数組み合わせられています。ここには2つの例しか示していませんが、様々な形状が実現可能なことが理解いただけたでしょうか。

弊社の設計

配線が傾いた構成

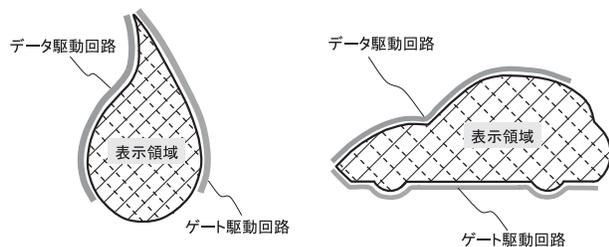


従来の考え方での設計



- ・回路が分割されない
- ・回路が重ならない

図4 弊社の設計の有利な点



雨粒、水滴、涙

くるま

図5 実現可能な“かたち”の一例

5. ハート形液晶パネルの試作

次に、われわれが「SID '08」で発表・展示したハート形液晶パネルの試作品の詳細を紹介します。図6に、ハート形液晶パネルの構造を示します。低温ポリシリコンTFTを用いた

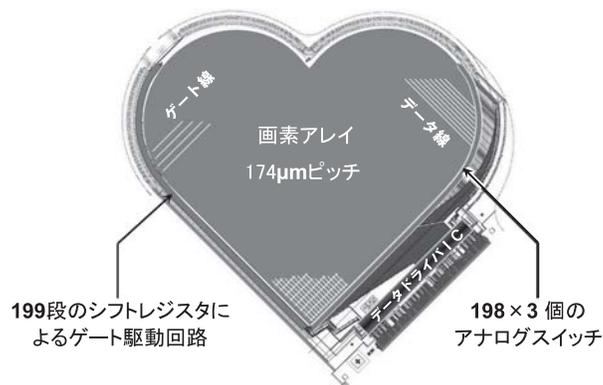


図6 ハート型液晶パネルの構造



図7 ハート型液晶パネルの写真・仕様

SOG技術によって回路をガラス基板上に集積しています。画素は赤・緑・青の3色のサブ画素1組から成っています。画素アレイ内の画素は、174μmピッチでマトリクス状に、かつ、45度傾いた状態で配置されます。

画素アレイ内には、左下から右上方向に向かって伸びた199本のゲート線が配置されています。また、右下から左上方向に向かって伸びた198×3本のデータ線が、58μmピッチで並んでいます。ゲート駆動回路は、199段のシフトレジスタから成り、画素アレイの左側に表示領域に沿って配置されています。また、画素アレイの右側には、データ線に接続されたアナログスイッチが198×3個配置され、データドライバICのアナログ出力からの信号を受け取ります。ゲート駆動回路とアナログスイッチは共に表示領域に沿って曲がるように配置されており、狭額縁を実現しています。

この液晶パネルの仕様を、図7右にまとめました。表示領域に凹みがあり、かつ、周囲が直線と曲線から成るハート形であるため、従来の対角サイズでの表現ができません。そこで、図に示すような特定方向での最大の長さを使って表示領域のサイズを示しています。また、図7左に、このハート型液晶パネルの表示状態の写真を示します。下は正面からの写真であり、上は若干傾けた時の写真です。液晶パネルの額縁が狭いこと、並びにモジュール外形もハート形に近いことが分かります。

6. 任意形状の目指すアプリケーション

これまで弊社の開発したハート形液晶パネルの技術と試作品に関し説明してきましたが、最後にアプリケーションについて述べます。

従来のTFT液晶パネルの目指す方向は、主に次の2つに絞られてきました。すなわち、①いかにブラウン管を超えるか、②いかに紙への筆記・描画・印刷を置き換えるか、の2点です。紙は、切断・保管の効率性の点からA4などの規格に則った四角が主流であり、一部のアプリケーション（例えば、デコレーションやグリーティングカード）において、ハート形や矢印など“かたち”が重視されます。弊社が開発している任意形状は、“かたち”が重視される、あらゆるアプリケーションに広がるものと確信しています。

弊社がイメージする将来のアプリケーションは、“かたち”の自由度を更に進め、3次元の自由度を有するものです。研究開発が進むフレキシブルディスプレイとの融合により、ディスプレイは「四角いもの」「硬いもの」という既成観念を壊し、「様々な“かたち”」「やわらかい」というアプリケーションを切り開くことが可能と考えています。

弊社の技術は、TFT液晶パネルだけでなく、他のアクティブマトリクスディスプレイにも応用可能です。有機ELや電子ペーパーをTFTで駆動する場合においても、従来の将来像から「四角い」という制限を外し、自由な“かたち”を思い描くことができるようになります。

さらに、ディスプレイのみならず、他のアクティブマトリクスデバイスにも、自由な“かたち”を与えることができます。アクティブマトリクス技術は、従来のLSIなどのシリコン半導体の枠を超える、人に近いサイズの大面積エレクトロニクスの1つです。このアクティブマトリクス技術に、自由な“かたち”を与えることにより、われわれ人間とフレキシブルに相互作用できます。大面積・任意形状センサーや、アクチュエータなど視覚以外の五感を刺激する任意形状デバイスにも貢献できます。図8にアプリケーションイメージを示します。バーチャルリアリティ用の入出力グローブ、生体センサーを内蔵し、しかも柄が変更できるタンクトップ、視野全体を効果的に覆い、かつ視線追跡機能も持つディスプレイ、脳波センサーによる制御ギアなどです。これらは、五感で体験する（見て驚く、触って楽しむなど）要素と、人の様々な状態をセンシングする要素とを持っています。

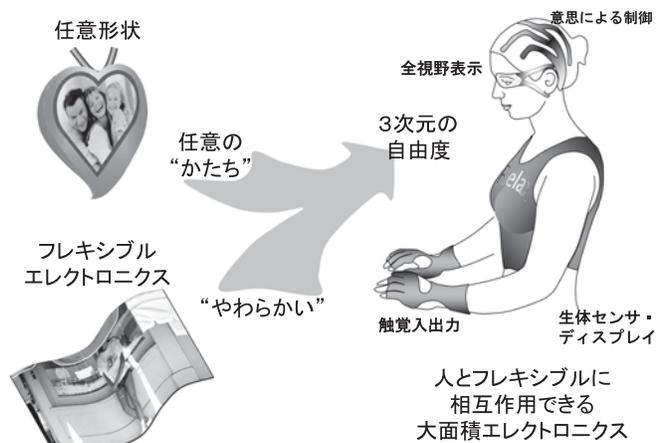


図8 任意形状の目指すアプリケーション

自由度を高める技術開発に携わることができることを喜びつつ、社会全般に広げるため様々なアプリケーションに向けた協業を大いに進めたいと考えています。共同研究・開発の幅を広げ、社会の発展に貢献できれば幸いです。

最後に、研究開発に陰に陽にご協力いただいた諸氏に心からの感謝を申し上げます。

執筆者プロフィール

高取 憲一
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
研究マネージャー
SID、日本液晶学会各会員
IDWのWorkshop on Active Matrix Displays委員長

野中 義弘
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
主任
電子情報通信学会会員

柳瀬 慈郎
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
主任