3. 任意形状の液晶ディスプレイ

高 取 憲 一[†], 野 中 義 弘[†]

キーワード 任意形状

1. ま え が き

TFTを含む画素をマトリクス状に並べたTFT液晶パネルは、ノートパソコン、液晶テレビを始めとして幅広く利用されている。TFT液晶パネルが使用されるアプリケーションは、図1のようである。すなわち、モバイル、モニタ・テレビ、産業、広告・デジタルサイネージ、等である。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ある。

一方、直接駆動型の液晶パネルは、さまざまな非矩形形状のアプリケーションに利用されている。最も身近なものとして、腕時計が挙げられる。また、車のスピードメータ用途は、1982年にHeintzら¹⁾により報告されたように古くから検討されている。

一方、TFT液晶パネルは四角形であることが『常識』のように考えられ、非矩形形状の応用は遅れてきた。その理由は以下のようなものと考えられる。①映像ソース(コンテンツ)がマトリクス状のデータであること、②画素を矩形のマトリクス状に配置すると駆動がシンプルであり汎用性

が高いこと、③ガラス基板から切出す際、矩形が最も切断効率・面積効率が良い(切りやすく、無駄が少ない)こと、④保管・輸送の面で管理が容易であること、等である。これらの理由は図2のようにまとめられ、『効率』がベースにあると考えられる。

2. 任意形状ディスプレイへの流れ

TFT液晶パネルの応用範囲が広がり、その高画質が認識されるようになった結果、さまざまな生活環境でデザインが優先される利用シーンが増え、『効率』的な矩形でない、より自由な“かたち”に対するニーズが高まってきている。例えば、図3に示す、表示方法を変更できるスピードメータや、インパクトある形で宣伝内容を更新できる電子POP、さらには、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ある。

さて、従来の四角いTFT液晶パネルを異型の筐体を利用した場合、どうなるであろうか？ ハート型の電子ペンダントの例を図4に示す。従来のTFT液晶パネルは、矩形の基板、矩形の表示領域、さらに矩形のドライバICと矩形づくしである。これをハート型の筐体に入れ、ハート型の窓を通して観察する。すると、表示という観点では、筐体のほとんどの部分が無駄な空間となり、有効表示部はきわめて狭い。図4では、花が数輪、見えるのみである。従来、有

図1 これまでの液晶ディスプレイのアプリケーション

[†] NEC液晶テクノロジー株式会社 開発本部 研究開発部

"Application-shaped LCD (Non-rectangular LCD)" by Kenichi Takatori and Yoshihiro Nonaka (Research & Development Department, Development Division, NEC LCD Technologies, Ltd., Kanagawa)

図2 確固たる存在の四角いTFT液晶パネル

図3 さまざまな“かたち”の要求

図4 従来のTFT液晶パネルと異型筐体

効表示領域の減少を嫌い、異型の筐体に対し矩形の窓を開けることがよく行われてきた。デザイン効果が台なしである上に、有効表示部は小さな矩形の領域に限定される。

では、非矩形形状の外形を持ち、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、どうなるであろうか？電子ペンダントを例にとり、図5に示す。新しいディスプレイでは、非矩形形状の表示領域にほぼ沿った形の非矩形形状の基板外形が実現できたとする。これをハート型の筐体に入れ、ハート型の窓を通して観察する。さきほどの例と違って変わり、無駄な空間は激減し有効表示部がきわめて広がる。図4の映像ソースが、ハート型のプーケだったことがはじめてわかる。プロダクトデザイナーなら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ある。

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の本当のニーズに合わせた、さまざまな“かたち”のディスプレイは、さまざまな生活環境(アンビエント)に溶け込む事ができる。さまざまな“かたち”を実現するディスプレイを、筆者らは社内で『任意形状ディスプレイ』と呼

図5 異型筐体に適した新しいTFT液晶

び、新たな価値を創出するVIT (Value Integrated TFT) 技術の一つと位置づけている。

③. 低温ポリシリコンTFT技術による実現

低温ポリシリコン (LTPS) TFTを用い、ディスプレイ基板上に各種の回路を作りこむシステムオンガラス (SOG) 技術は、液晶パネルへの機能取り込みとして広く用いられるようになってきた。従来の四角いディスプレイではSOG技術により、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)等を実現している。

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く。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る。すでに、丸いディスプレイ等がいくつか発表されている。

筆者らは、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ている。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た。ハート型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、ハート型TFT液晶パネルの試作に成功した。

④. 筆者らの設計の特徴

筆者らの設計の特徴と、他の手法との違いを図6に示す。

従来のTFT液晶パネルは、図4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を配置する。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る。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とが接続されている。この従来の矩形のTFT液晶パネルの構造をほぼ保ち、ハート型のTFT液晶パネルを作ると、図6の右図のようになる。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

図6 筆者らの設計の有利な点

図7 ハート型液晶パネルの構造・仕様

ま、その中からハート型の表示領域を切り抜くように設計する。この表示領域内の画素を駆動するための駆動回路を、SOG技術により表示領域の周囲に配置する。この時、図4の左図にならい、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する。ここで、問題が生じる。ハート型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う。この結果、ハート型の右上の濃く塗った領域が駆動できなくなってしまう。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生じる。この結果、駆動回路が複数に分割されてしまう(図6①)。

データ線に接続するデータ駆動回路も図4の左図にならい、表示領域の下側に配置する。ハート型の下の凸部に応じて、データ駆動回路は折れ曲がって配置される。この時、別の問題が生じる。ハート型の左側では、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う(図6②)。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る。このような構成が、狭額縁に向かないことは明らかである。

筆者らが提案する設計方法を、図6の左図に示す。図6の右図と最も異なる点は、配線が縦横方向でなく傾いた方向であり、かつ、画素も傾いて配置されていることである。共に45°傾いている。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ぶ。ゲート駆動回路とデータ駆動回路は、それぞれ、パネルの左側または右側に配置される。また、ゲート駆動回路とデータ駆動回路は、表示領域の外形に沿って配置され、かつ、各々一つのみで表示領域全体を駆動できる。その結果、図6の右図と異なり、①駆動回路が分割されない、②駆動回路同士の重なりがない、という特徴が生まれる。また、駆動回路の長さを足し合わせた回路の全

長は、筆者らの方法では右図の方法に比べ4割ほど短くなる。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ている。

上記の設計の説明では、今回紹介するハート型の試作品を例にとっているが、この設計手法は、ハート型以外のさまざまな形状でも有効である。

5. ハート型液晶パネルの試作品

次に、筆者らがSID (Society for Information Display) '08で発表・展示したハート型液晶パネルの試作品の詳細を紹介する(図7)。LTPS TFTを用いたSOG技術によって、回路をガラス基板上に集積している。一つの画素はR・G・Bの3色のサブ画素1組からなっている。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°傾いた状態で配置されている。画素アレイ内に、左下から右上方向に向かって延びた199本のゲート線が、174μmピッチで配置されている。また、右下から左上方向に向かって延びた198×3本のデータ線が、58μmピッチで並んでいる。ゲート駆動回路は、174μmピッチで配置された199段のシフトレジスタからなり、画素アレイの左側に表示領域に沿って配置されている。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、58μmピッチで配置され、データドライバICのアナログ出力からの信号を受け取る。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る。

この液晶パネルのサイズ等のスペックを、図7の右側にまとめた。表示領域に凹みがあり、かつ、周囲が直線と曲線からなるハート型であるため、従来の対角サイズでの表現ができない。そこで、図に示すような特定方向での最大の長さを用いて表示領域のサイズを示している。また、図8に、このハート型液晶パネルの表示状態の写真を示す。図8の左は正面からの写真であり、図8の右は若干傾けた時の写

図8 ハート型液晶パネルの写真

真である。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型に近いことがわかる。

⑥ アビエントな存在を目指して

任意形状ディスプレイの一例として、ハート型TFT液晶の詳細を説明した。この開発以降、自主的もしくは依頼を受け、さまざまな形状のディスプレイを開発してきている。それらにはポピュラーなキャラクタ形状などを含むとともに、ハート型と同様に広く普及した形状であり、かつ、複雑な形状も開発してきている。図9に、一例として、星型もしくはスターフィッシュ型と呼ばれる形状の開発品の写真を示す。

このようなさまざまな“かたち”により、さまざまな生活環境でのさまざまな利用シーンに溶け込むことが可能となる。

⑦ 今後、目指すアプリケーション

筆者らの開発した任意形状ディスプレイの技術と試作品に関し説明してきたが、最後にアプリケーションに関し述べる。

従来のTFT液晶パネルは、確定したアプリケーションに向けた研究開発が主であった。また、目指す方向は、主に次の二つに絞られてきた。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点である。紙は、切断・保管の効率性の点からA4等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

図9 スターフィッシュ型液晶パネルの写真

(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、ハート形やテディベア等“かたち”が重視される。筆者らの開発している任意形状は、車のコクピット用の丸形というような特定アプリケーションのみに向かうのではなく、“かたち”が重視される、あらゆるアプリケーションに広がり、あらゆる生活環境に適合していくものと確信している。

筆者らがイメージする将来のアプリケーションは、“かたち”の自由度をさらに進め、3次元の自由度を有するものである。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、『さまざまな“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る。

筆者らの技術は、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ある。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』という制限をはずし、自由な“かたち”を思い描くことができるようになる。

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る。アクティブマトリクス技術は、従来のLSI等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一つである。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、四角でない存在である、われわれ人間とフレキシブルに相互作用できる。大面積・任意形状センサや、アクチュエータ等視覚以外の五感

を刺激する任意形状デバイスにも貢献できると考えている。図10にアプリケーションイメージを示す。バーチャルリアリティ用の入出力グローブ、生体センサ内蔵かつ柄が変更できるタンクトップ、視野全体を効果的に覆うディスプレイ、脳波センサによる制御ギア等、オーガニックユーザインタフェースを提供する。

8. む す び

LTPS TFTを用い、設計を工夫することにより、ハート型TFT液晶ディスプレイやその他の開発品を実現した。この技術は、フレキシブルディスプレイ技術と融合することで、あらゆる生活環境で人と自然に相互作用できるため、オーガニックユーザインタフェースを提供することを可能とする。

(2010年7月7日受付)

〔文 献〕

- 1) F. Heintz et al: "LCD-Instrumentation in Automobiles", Electronic Displays and Information Systems and On-Board Electronics P-103, pp.7-14 (1982)

図10 任意形状の目指すアプリケーション

たかとり けんいち
高取 憲一 1990年、東京大学教養学部基礎科学科卒業。同年、NEC(株)入社。2001年～2002年、ベルギー王国ルーヴァン・カトリック大学客員研究員。2005年、NEC液晶テクノロジー(株)。LCDのシミュレーション(液晶配向、光学、TFTモデル)、高性能化(広視野角化、高速応答等)、高付加価値化(フィールドシーケンシャルカラー、システム内蔵、任意形状ディスプレイ、内蔵タッチパネル等)の研究開発に従事。

のなか よしひろ
野中 義弘 1996年、東京理科大学大学院後期博士課程修了。同年、NEC(株)入社。2001年より、LCDの研究に従事。現在、NEC液晶テクノロジー(株)研究開発部にて、ディスプレイ駆動回路、非矩形ディスプレイの研究に従事。工学博士。