



# 液晶表示テレビジョン

両角伸治

(株)諏訪精工舎基礎開発部 〒392 諏訪市大和 3-3-5

(1984年2月3日受理)

## Liquid Crystal Display Televisions

Shinji MOROZUMI

Basic Research and Development Department, Suwa-Seikosha,  
3-3-5, Owa, Suwa 392

### 1. ま え が き

液晶とは名称のとおり、液体でありながら分子が結晶のように規則正しく配列した有機材料であり、その分子配列が外部電界により、容易に変えうる性質を利用したものが液晶ディスプレイ (LCD) である。この液晶ディスプレイは、低消費電力、低電圧駆動という特徴を生かして10年ほど前にデジタル腕時計と電卓に採用されたのが実用化の第一歩であった。その後、液晶材料と生産技術の発達により大面積の表示パネルを低コストで製造することが可能になり、最近では文字表示としては、ブラウン管 (cathode ray tube; CRT) とコンパチブルな表示容量の液晶ディスプレイを用いたハンディ、ポータブルコンピュータやターミナルに広く利用されようとしている。一方、画像表示においても液晶ディスプレイは、ポケットテレビをターゲットとしてテイクオフしつつある。このように10年前はほんの数 cm<sup>2</sup>、数十画素しかなかった液晶ディスプレイが性能、コストともにいまでは一部で CRT と肩を並べられるほどになり、年間1,000億円に迫る市場規模となった<sup>1)</sup>。

ディスプレイデバイスには2種類の競争がある。一つは、CRT に対する液晶、プラズマディスプレイ (PDP)、エレクトロルミネセンス (EL) 等のフラットパネルの開発競争であり、もう一つは、フラットパネル同士での競争である。このなかにおいて液晶ディスプレイは、低消費電力、低価格を武器に、市場規模から見て、他のフラットディスプレイデバイスを凌駕した感があり、さらにはコンピュータ用、テレビ用として CRT にない特

徴を生かしながら一部ではあるが CRT の牙城に迫りつつあり、遠い将来には CRT を置き代える第一候補といっても過言ではない。その原動力として、一つには大面積化と低価格化がシンプルな構造ゆえにかなり進められると予測できること、もう一つは他のフラットディスプレイではむずかしいフルカラー化が簡単にできることがあげられる。

本文ではこのように急成長しつつある液晶ディスプレイについて、テレビ表示用に絞って概説する。

### 2. 液晶パネルの動作原理

テレビ表示に用いられる液晶による表示方式は TN (twisted-nematic) モードと GH (guest-host) モードの2種類である。ここで簡単に原理についてふれてみる。

TN モードは最も代表的表示方式であり、図1にその表示原理を示す。

液晶分子が面に沿って一軸配向 (ネマチック状配向) するように処理したガラスを、直交して対向させ液晶を封入すると、液晶分子の配列方向が90度ツイストする。図1(a)に示すような無電界時には、入射光の偏向面が90度回転する旋光性をもつ。一方閾値以上の電圧を印加すると図1(b)のように分子が電界方向に配列を変え、旋光性が失われる。

この液晶セルを偏光軸を直交させた偏光板で挟むと、閾値以下の電圧では入射光は透過し、閾値以上の電圧では偏光軸が直交するため入射光は遮られる。この結果、外部電圧に対し明暗のコントラストを形成する。これが透過型パネルであるが、下面に反射板を置くと反射型と

表 1 液晶テレビの代表例

発表者	駆動方式	画素数	表示サイズ	液晶	その他	文献
1978 日立	HDM(4重)	120×160	3インチ	TN		2)
1980 諏訪精工舎	AM(MOS)	210×200	1.6インチ	GH		4)
1982 諏訪精工舎	AM(MOS)	210×152	1.2インチ	GH	発売 (ウォッチテレビ)	5)
1982 カシオ	HDM(2重)	120×160	2.7インチ	TN	発売	3)
1983 諏訪精工舎	AM(TFT)	240×240	2.1インチ	TN	フルカラー	6)
1983 三菱	S	120×192 ×3	0.9×1.0 m <sup>2</sup>	TN	(マルチパネル) フルカラー	7)
1983 三洋	AM(TFT)	220×240	3インチ	TN	フルカラー	7)

HDM: ハイデューティ単純マルチプレックス方式, AM: アクティブマトリックス方式,  
S: スタティック駆動方式

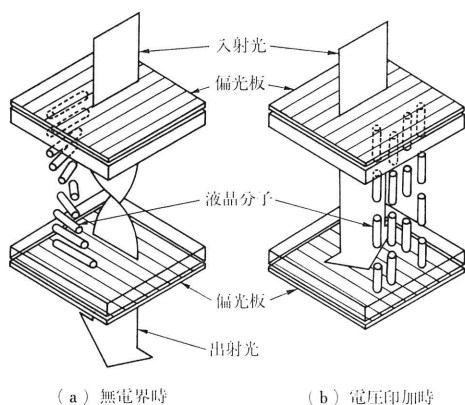


図 1 TN モードの表示原理

であるが、使用走査線の本数を増やすと、デューティ比が上がり、その結果コントラストは低下し、視覚は狭まる。このため、2重、4重マトリックス方式が用いられてはいるが、走査線数(Yライン数)は120であり、解像度、コントラスト、視覚にやや問題がある。

アクティブマトリックス方式では、このような問題はないが、トランジスタをパネル基板上に作り込むコストが問題となる。トランジスタには単結晶シリコンウェハを用いたものと、透明基板上に薄膜トランジスタ(TFT)を作り込んだものの2種類がある。また液晶はTNモードのほかに、時分割駆動がむずかしいGHモードもこの方式であれば使用可能である。とくにGHモードは下面の偏光板がいらぬので、不透明である単結晶シリコン基板に向けている。またTFT方式はコントラストがよく、バックライトが採用できるので、フルカラー表示が可能であり、白黒としても高品質の画像が得られる。

このほかにマルチパネル方式による大画面テレビジョン<sup>7)</sup>がある。これは8×64画素を含む6×64 cm<sup>2</sup>のパネルユニットを複数組み合わせ対角線1m以上の表示体を構成している。液晶はTNモードのスタティック駆動であり、カラーフィルタとの組合せにより、フルカラー表示を実現している。

なる。

GHモードは液晶(ホスト)中に2色性色素(ゲスト)を溶解させ、印加電圧による色素分子の配列方向の変化が光の吸収率変化となって現われる効果を利用する。視角の広いことが特徴であるが、反面コントラストが劣ること、マルチプレックス駆動がむずかしいことにより用途が限られている。

### 3. 液晶テレビの概要

テレビ表示用の液晶ディスプレイには大きく分けて2方式ある。一つはガラス基板上の電極間に液晶をはさんで時分割駆動するハイデューティ単純マルチプレックス駆動(HDM)方式<sup>2,3)</sup>であり、もう一つはこの方式の欠点を改良するため各画素にメモリーエレメントとしてトランジスタを配置したアクティブマトリックス(AM)方式<sup>4-7)</sup>である。

表1は現在までに発表もしくは発売されている液晶テレビの代表例である。ハイデューティ単純マルチプレックス駆動においては、大きな画面を安く作ることは可能

### 4. ハイデューティ単純マルチプレックス駆動による液晶ポケットテレビ

この方式に用いる液晶パネルは非常に簡単な構造をしている。ストライプ状透明電極を形成した2枚のガラス基板の間にTN液晶を封入する。電極は互いに直交して対向し、一方がY電極群、もう一方がX電極群を構成している。上下の電極の交点部分が1画素(pixel)となる。このパネルを外部からX電極走査によりY電極に表

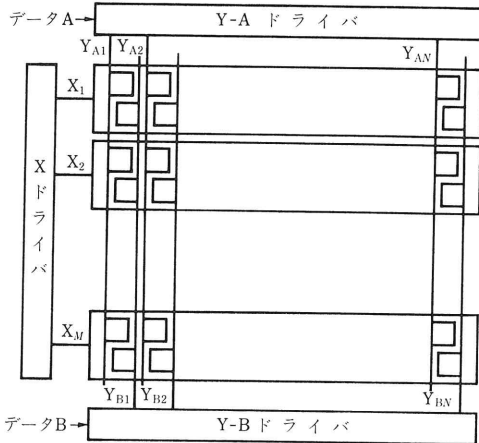


図2 非反転2重マトリックス方式のパネル構成

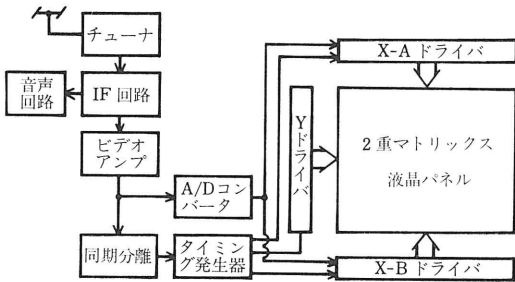


図3 2重マトリックス方式の液晶白黒テレビのブロック図

示データを次々と送り込み、時分割駆動することを単純マルチプレックス駆動という。この方式はパネル構造がきわめて簡単であり、大面積のパネルを低コストで製造できるという利点があり、今日、時計や電卓等の小パネルからポータブル端末に至るまで大小さまざまなところに広く応用されている。反面、時分割の本数(デューティ比)が上がると、コントラスト特性、視覚特性がかなり低下するという欠点をもっており、現在のところデューティ比として1/60あたりが実用の上限とされている。

テレビ画像で60本の走査線ではしか表示できないとすれば、かなりの低レベルの画質になるので、実際には、2重、4重に走査する4重マトリックスや2重マトリックス方式にして120本の走査表示をする方法が採用されている。初めは1/30デューティの4重マトリックス(30×4)であったが、最近では1/60デューティの2重マトリックス(60×2)が普通である。

図2は、2重マトリックス方式の電極構成例である。一つの走査電極に対し2画素が別々の表示データにより同時に駆動させるので2重マトリックスと呼ぶ。ただ



図4 ハイデューティ単純マルチプレックス駆動方式によるテレビ表示例

し、表示データ例はA系列とB系列という二つのドライバ列が必要となり、ドライバLSIが通常の2倍を要する。走査線数は60本、データ線数は160~192が選択され、マトリックス構成は120×160ないし120×192となる。このとき、Xライン数は320~384本必要となる。

図3は、このパネルを用いた白黒液晶テレビのブロック図である。チューナ、IF回路は従来のブラウン管方式の白黒テレビ用とほぼ同じであり、異なるのはドライバ用の特殊なタイミング信号が必要なこと、階調はパルス幅変調で行なうので、ビデオ信号をデジタル化していることである。

諏訪精工舎での2重マトリックステレビ表示の実例を図4に示す。パネルサイズは対角線2.7"で画素数は120×192を採用している。

この方式でのフルカラー化は原理的には可能ではあるがコントラストと解像度を考えると、現状ではそう画質の高いものは期待できそうもない。しかしポケットからポータブル、壁かけテレビへと発展させる基本条件の一つである、大面積のパネルを安く作ることが可能だけに今後の液晶材料の研究や製造技術の向上によって画質の改良が進むことに期待したい。

### 5. アクティブマトリックス方式による液晶ポケットテレビ

アクティブマトリックス方式は、前に述べた単純マルチプレックス駆動方式の欠点を補う目的で考え出された。1画素ごとにアクティブ素子としてトランジスタを配置し、表示データをトランジスタがonしたとき、画素のキャパシタ(液晶の容量分も含む)に書き込む。トランジスタがoffしているときは、キャパシタに表示データが電荷の形で蓄積されているので、常に液晶を駆

動していることになる。すなわち、外部から直接液晶を駆動せず、キャパシタのメモリ作用を用いるので、液晶のコントラストは100%近い duty と等価となる。またトランジスタの書込み時間により駆動 duty が決定され、この書込み時間は非常に早いので、見かけ上、駆動 duty (使用走査線に対応) は非常に高いにもかかわらず、非常に良好なコントラストが得られるのが特徴である。

パネルはトランジスタが搭載された基板と、もう一方の透明電極を有する対向ガラス基板の間に液晶を封入する。単純マルチプレックス駆動用のパネルと異なり、データ線、および走査側の配線がともにアクティブマトリックス基板側にある。トランジスタの占有面積はできるだけ小さくして液晶駆動電極を大きくとれるようにする。

この方式は、コントラストや視角特性は非常によいが、トランジスタを形成するというにより、基板サイズやコスト上の制約によってディスプレイサイズが決まり、現在のところ2"~3"以下に向いている。大別してトランジスタ構造により、Siの単結晶基板(Siウェハ)上にMOSトランジスタを形成したものと、ガラス基板上にTFT(thin film transistor)を形成した2タイプに分類できる。

### 5.1 MOS-アクティブマトリックスによる液晶テレビ

シリコン単結晶基板は不透明であるので、偏光板がパネル内に形成できない限り、TNモードを使うことはむずかしい。このためGHモードを利用している。

すでに日本、アメリカで発売されているセイコーのウォッチテレビ<sup>5)</sup>は、青色染料を含むゲストホスト液晶を利用している。

アクティブマトリックスを構成するMOSトランジスタは、基本的には通常のLSIと同一のNチャンネルMOS-ICプロセスにより形成される。したがって、ドライバ等の周辺回路も同一基板上に簡単に集積化できるのが特徴である。通常のLSIと異なるのはGHモードに不可欠な各画素の液晶駆動電極の面積を白色反射面としていることである。このためAl電極の表面を微細パターン形成法と特殊な処理によりゆるやかな凹凸をつけている。

ディスプレイサイズは $17.0 \times 25.0 \text{ mm}^2$ 、対角線1.2"であり、4"ウェハから8枚のパネルをとることができる。画素数は $152 \times 210$ であり、解像度は十分とれている。GHモードであるから視角はかなり広いが、コント



図5 ウォッチテレビ

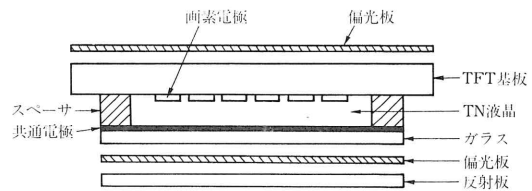


図6 TFTによる白黒表示液晶パネル

ラスト比(白と黒の比)は約9:1でもう少し改善が必要である。

テレビウォッチは図5に示すディスプレイのあるリスト部、およびヘッドホン、レシーバーの3体構造となっている。テレビ画像のディスプレイ部分は、X、Yドライバの内蔵化と微細実装技術により、写真に示すとおり腕時計のようなコンパクトサイズに収納している。

### 5.2 TFT-アクティブマトリックスによる液晶テレビ

前記のMOSトランジスタによるアクティブマトリックスは、基板が不透明ということで、GHモードに限定され、また透過型ができないという不都合があった。これを改善するには、ガラス等の透明基板上にMOSトランジスタに代わって薄膜トランジスタ(TFT)を形成することが考えられる。

TFTの研究はかなり昔に始まった。当初はCd-Seのような化合物半導体による試み<sup>5)</sup>が多かったが、安定性や再現性に難があったため、数年前からアモルファスシリコン<sup>7)</sup>や多結晶シリコン<sup>6)</sup>のようなシリコン薄膜を用いた液晶ディスプレイの研究が活発である。とくに多結晶シリコン(poly Si)によるTFTは移動度が高いこと、信頼性や安定性に優れていることから、この分野の

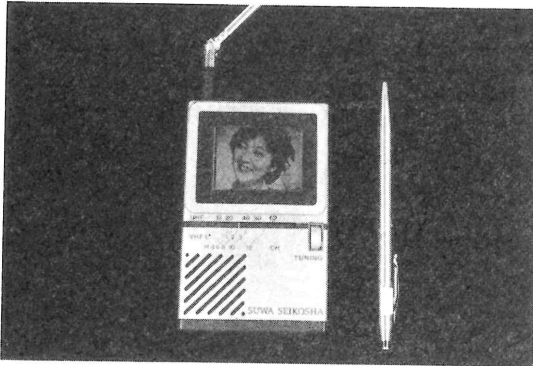


図7 TFT アクティブマトリックス方式による白黒液晶ポケットテレビ



図9 TFT アクティブマトリックス方式によるフルカラー液晶ポケットテレビ

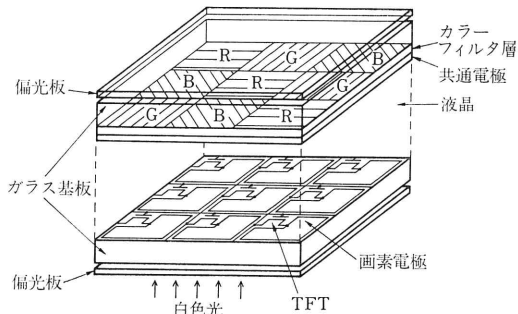


図8 TFT アクティブマトリックス液晶フルカラーディスプレイの構造

応用が進んでいる。また、アモルファスシリコン TFT は、信頼性にもう一步のむずかしさはあるが、低温形成が可能なることによりさまざまな研究がなされている。

図6は、TFT 基板を用いた反射型の液晶パネルの断面である。対向ガラスはできるだけ薄くして、像が二重に見えることを防止している。液晶は TN モードを採用し、コントラスト比、視角ともにスタティック駆動と同等な特性が得られている。また、poly Si-TFT は移動度が高く、小サイズのトランジスタでも十分動作するので、テレビ画面のような画素ピッチの小さな場合でも開口率は大きくとれ、良好なコントラストや明るさ、そして解像度を確保している。

図7は、このディスプレイパネルを用いた白黒ポケットテレビである。画素数は  $240 \times 240$ 、ピッチは X 側  $180 \mu\text{m}$ 、Y 側  $135 \mu\text{m}$  で、有効画面サイズは  $43.2 \times 32.4 \text{ mm}^2$ 、対角線  $2.13''$  である。コントラスト比は 40:1 であり、また明るさ、解像度と合わせてきわめて良好な画質が得られている。テレビセットの回路構成や駆動方法は、ウォッチテレビの場合とほぼ同じである。セットサイズは  $7.2 \text{ cm} \times 11.6 \text{ cm} \times 2.2 \text{ cm}$  と簡単にポケットに

収納できる文字通りの本格的ポケットテレビであり、画面も見やすく、明るいところはむしろ CRT より使いやすくなっている。

### 5.3 TFT-アクティブマトリックスによるフルカラー表示

液晶ディスプレイの大きな特徴は、カラーフィルタを付加するだけでカラー表示が比較的簡単に実現できることである。このとき液晶層はシャッタとして働く。

テレビのようにカラーコントラストや分解能のよい良質な画像が要求される場合は、アクティブマトリックスが効果を発揮する。図8はこのディスプレイの構造図であり、下方のガラス基板には TFT により駆動される画素電極がある。また上方のガラス基板には3原色のカラーフィルタ層、さらに透明な共通電極が形成されている。カラーフィルタを下方の画素電極に対し位置合わせして組み立てた後、偏光板で挟んで下方から白色光を照射すると、カラー画像が再現できる。カラーフィルタ層は視差による色ずれを防止するためパネルの内面に形成し、さらにカラーフィルタ層と液晶層との相互干渉(コンタミネーション等)を防止するパシベーションの役割を兼ねてカラーフィルタ層の上に透明共通電極を形成しているのが特徴である。

図9は、この方式によるフルカラー画像表示とそれを用いたポケット液晶カラーテレビの実例である。画素数は白黒と同じ  $240 \times 240$  で、赤(R)、緑(G)、青(B)の画素に  $1/3$  ずつ割りあてている。カラーフィルタの R、G、B は、対角線モザイクパターンで平面配列されており、見かけ上の解像度を上げている。液晶材料は TN であり、透過型にしてカラー画質を向上させた。セットサイズは  $8 \text{ cm} \times 16 \text{ cm} \times 2.8 \text{ cm}$  と業界では最小のカラーテレビとしてまとまっている。

## 6. ま と め

従来の液晶ディスプレイによるテレビ画像表示は、その画質とコストに難があり、液晶の特性を生かして CRT と直接競合しない小画面での商品化を進めてきた。そして、フルカラー液晶ディスプレイの登場により、ようやく大画面においても CRT と競争しうる可能性が出てきた。すなわち、次段階の目標としては“CRT と同等のコスト、同等の画像品質”ということになる。これは非常にむずかしいことであるが、実現性がしだいに高まることは間違いないだろう。このときのおもな技術は、やはり前に述べた単純マルチプレックス駆動法とアクティブマトリックス方式の二つであろう。そのために単純マルチプレックス、駆動法における駆動デューティの改善と、アクティブマトリックス法の大面積化のための技術開発が推進されつつある。この成果として、7～10年

後には 10" 程度のフラット・フルカラーディスプレイが CRT と同等の価格になっているかもしれない。また、こういう時代ではディスプレイはたんなるテレビ用でなく、家庭用情報端末となっている可能性が大きい。

## 文 献

- 1) 日経エレクトロニクス, 1月2日号 (1984) 67.
- 2) 川上英明, 金子英二: 電子通信学会電子デバイス研究会資料, ED 77-48 (1977) 57.
- 3) 日経エレクトロニクス, 1月31日号 (1983) 67.
- 4) M. Hosokawa, K. Oguchi, M. Ikeda, S. Yazawa and K. Endo: 1981 SID Digest (1981) 114.
- 5) 島川諱二, 蚊野利雄, 村田雅巳: テレビジョン学会誌, **37** (1983) 112.
- 6) S. Morozumi, K. Oguchi, S. Yazawa, T. Kodaira, H. Ohshima and T. Mano: 1983 SID Digest (1983) 156.
- 7) 日経エレクトロニクス, 10月24日号 (1983) 135.
- 8) T.P. Brody, J.A. Asars and G.D. Dixon: IEEE Trans. Electron Devices, **ED-20** (1973) 995.