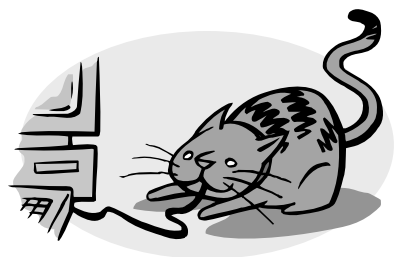


液晶ディスプレイ



シャープ（株）広報室
maekawa.kohji@sharp.co.jp
前川 洽治

液晶とは —

ノートパソコン，携帯電話，PDA，カーナビ，デジカメ，薄型テレビ．これらデジタル機器に共通しているデバイスが液晶ディスプレイである．液晶を2枚のガラスではさんだディスプレイは，軽く，薄く，電力がかからないという理想的な表示装置．今や，種々の機器に使われ，なくてはならない存在になっているが，その実用化は意外に歴史が新しい．

「液晶」とは，液状でありながら固体（結晶）の振舞いをする物質である．1888年にオーストリアの植物学者ライニツァーによって発見された．しかし長らく注目されず，液晶の研究は途絶えていた．それから75年を経て，米国RCA社の技術者が，液晶に電気的な刺激を与えると，光の透過率が変わることを発見．5年後（1968年）に同社の研究グループが，この性質を応用した表示装置の原型を製作した．これが液晶ディスプレイの始まりといえる．ただ液晶は，ディスプレイの材料としては不安定で商用には不向きと，RCA社は開発推進を断念，一方，電力を食わないという液晶の特徴に注目した日本の各エレクトロニクスメーカーはその後研究を進め，ついに1973年，シャープが電卓の表示として世界で初めて実用化に成功した．

液晶ディスプレイの基本原理 —

液晶にはいろいろな種類があるが，今回は現在実用化されている液晶表示装置のほとんどに使われているネマティック液晶を例にとって述べることにする．

【ネマティック液晶の性質】（図-1参照）

- ①このタイプの液晶は自然の状態では俵型をした分子がゆるやかな規則性を持って並んでいて，これを一定方向に細い溝のある面（配向膜）に触れさせると，溝に沿って整列する．
- ②液晶に電圧がかかると分子は電界方向に並び方を変える．

この2つの性質を利用し，ある仕掛けを施すとTN型液晶ディスプレイができる．

【液晶ディスプレイの原理】

- ①偏光：液晶の性質を利用する上で，一般にはさまざまな方向に振動している光の中から，1つの方向にだけ振動している光を取り出して用いる．この光の振動を制御するのが偏光板である．2枚の偏光板があると第1の偏光板を通った光は第2の偏光板が同じ向きなら通過するが直角の位置になっていると通過できない．

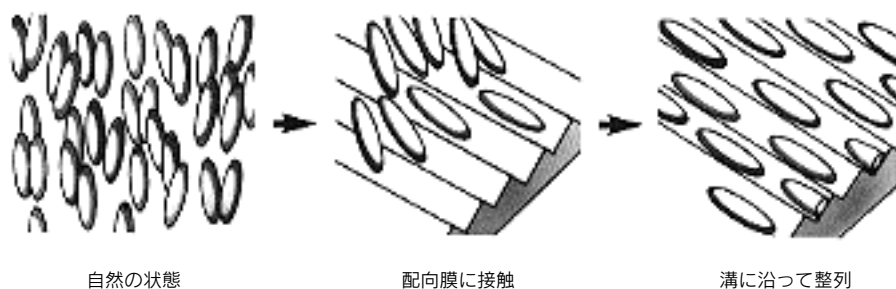


図-1 液晶分子の配列

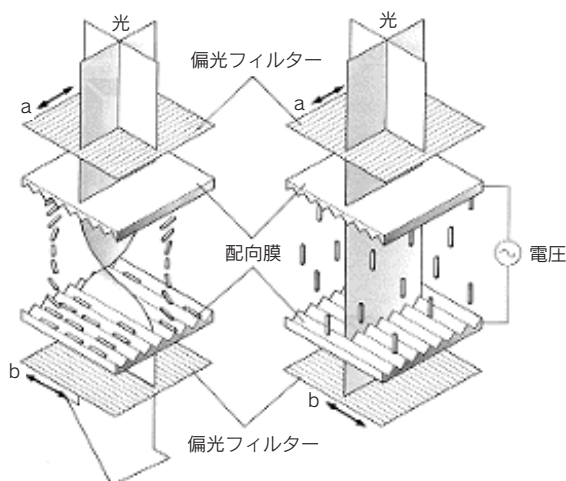


図-2 TN型液晶ディスプレイの原理

②配向：溝をつけた2枚のガラス板の向きを90度変えて置き、間に液晶をはさむと液晶分子は90度ねじれて配列する。

液晶ディスプレイは①と②を組み合わせた装置である。

図-2の左側のように、偏光方向を直交させた2枚の偏光フィルターの間に、液晶をはさむと液晶分子は上下の偏光フィルターの間でねじれた状態になり、上から入った光は液晶分子の隙間に沿って90度ねじれて進むので、下のフィルターを通過できる（光が通る、つまり白くなる）。

電圧をかける（図の右側）と、液晶分子が直立してねじれが取れる。上から入った光は、そのまま下に向かうので、下のフィルターを通れず画面上では黒くなる。（光を遮断）つまり電圧がひきかえとなって、液晶が光のシャッターの機能を果たす。

表示の原理 —

図-2のような仕組みを1つの表示単位（1ドット）として、平面にマトリックス状に並べる。1ドットごとに光を通したり、遮断することで文字、図表、映像を表現させる（図-3）。

カラー表示は、1つ1つの表示単位の上にカラーフィルターをかけることで、実現させる。ドットマトリックス方式の場合、光の3原色であるR（レッド）、G（グリーン）、B（ブルー）の3種類のフィルターを用いて、赤・緑・青のそれぞれのドットをつくり、その組合せでさまざまな色を表現する。

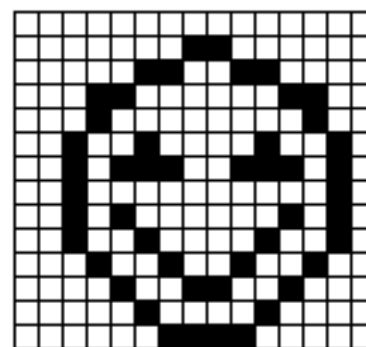


図-3 ドットマトリックス方式の原理

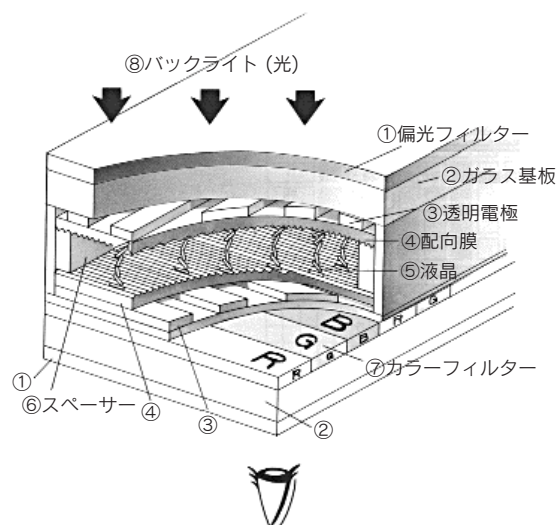


図-4 液晶ディスプレイの構造

液晶ディスプレイの構造 —

ここでは、単純マトリックスを例にとって液晶ディスプレイの構造を説明する（図-4）。

カラー液晶ディスプレイの構造は、それぞれの構成要素がサンドイッチのように層状になっている。

- ①偏光フィルター：一番外側にあり、出入りする光をコントロールする。
- ②ガラス基板：電極部からの電気がほかの部分に漏れないようにする。
- ③透明電極：液晶ディスプレイを駆動するための電極。透明度の高い材料を使う。
- ④配向膜：液晶の分子を一定方向に並べるための膜。
- ⑤液晶：用途に応じ求められる性格を得るため、さまざまな液晶材料をブレンド。
- ⑥スペーサー：液晶物質をはさむ2枚のガラス基板に、均一なスペースを確保する。
- ⑦カラーフィルター：RGBのそれぞれのフィルターを

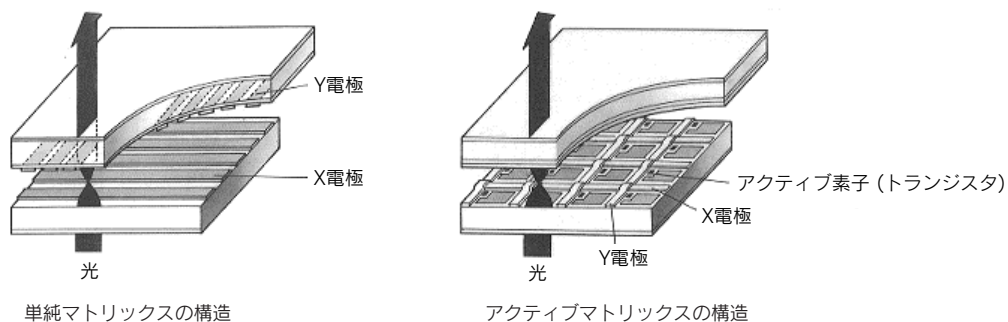


図-5 単純マトリックス駆動とアクティブマトリックス駆動方式の構造

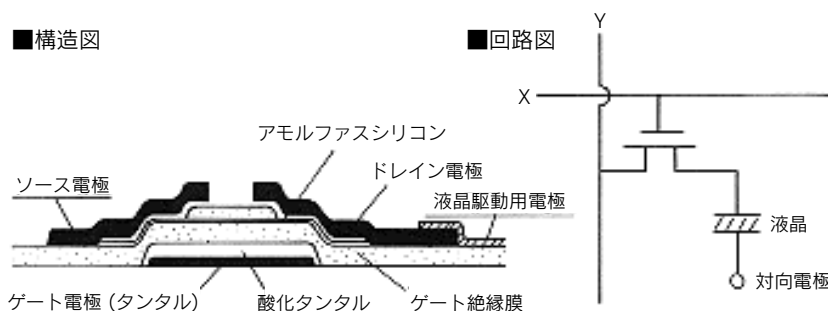


図-6 TFTの構造

かけ、色を表示する。

- ⑧バックライト：ディスプレイの背後から光を当て、画面を明るくする。この代わりに「反射板」を使い、自然光で見えるようにしてあるタイプもある。

液晶ディスプレイの駆動方式 —

【単純マトリックス駆動（STN）とアクティブマトリックス駆動（TFT）方式】

STNとTFTの違いを簡単に説明しておこう。

図-5の左側がSTN液晶ディスプレイの構造図である。電流を導く「導線」・X電極とY電極を格子状にはりめぐらし、縦横それぞれのタイミングを合わせて電気信号を送ると、縦横の交差する場所のドットが点灯する。縦横の導線の組合せで目的とする複数のドットを同時に点灯させることができる。

図右側のTFT液晶ディスプレイでは、左側の構造に加え、ドットの1つ1つにトランジスタを付け、目的とするドットを任意に点灯させたり消したりできる。X電極とY電極は同一平面状に形成され、スイッチと液晶セルを挟んで対向する電極につなげる。

STNは構造が単純であるだけに価格が安くできる。携帯電話、PDA等に採用されている。TFTは、各ドッ

トにトランジスタを作りこむ複雑さがあり、コストは割高であるが、STNに比べ応答速度、コントラスト、色表現などの性能に優れる。パソコン、液晶モニタに使われている。最近ではiモードの普及に伴い携帯電話への搭載も始まっている。

【TFT（Thin Film Transistor）の構造】（図-6）

TFTは、ガラス基板上に薄膜のシリコンと電極で構成したスイッチングデバイスで、X、Y、対向電極につながる3つの端子を持つ。端子間のシリコンの薄膜が、トランジスタの役割を果たす。スイッチングを行うX電極につながる端子が絶縁層で分離されているため、高速のON/OFFが可能となる。

液晶技術の歴史と未来への進化 —

液晶ディスプレイは、薄い、低電圧動作、低消費電力といった特徴を持っているわけだが、いろいろな機器への応用には、これまでいくつかの技術のブレイクスルーを経て進化してきた歴史がある。これからも期待されるデバイスであるが、その進化のための課題と期待される対応技術をここで述べる。

【高精細化】

ブラウン管の精細度は100ppi (ピクセル・パー・インチ=1インチの直線を何ドットで表すかの密度の単位)が限度だが、液晶ディスプレイモニター/PCではすでに100ppiを超える高精細のものが商品化されており、200ppi以上のものも商品化間近である。さらなる高精細も研究開発が進められており、こうなるとアルミとか銀とかの金属の固有の質感まで表現できるため、絵画や医療用映像でも忠実に再現でき、従来のブラウン管では難しかった医療機器やアーカイブ用途が開ける。ここではポリシリコンやCGシリコンなどの液晶用半導体技術が期待されている。

【大画面化】

現在液晶テレビでは30型まで商品化されている。さらなる大型化は技術的には可能であるが、大幅なコストアップを伴うため、40型以上はPDPに代表される他のFPD (フラット・パネル・ディスプレイ)と棲み分けることになろう。

【応答速度】

ブラウン管に比べて弱点だったのが動画像に対する応答速度である。テレビでは1秒間に30コマで動いており、これにスムーズに対応するには33msという応答速度が必要で、従来なかなか実現できなかったが、最近25msの液晶モニター/液晶テレビが商品化された。また、10msをきるものも出てきている。

【モバイル対応】

液晶ディスプレイは小型、薄型、低消費電力によりモバイル機器になくってはならないデバイスであるが、もう一段の進化が求められている。重さ、薄さについていうと、液晶では基板に使うガラスがネックになっている。そこで、これをプラスチックにしようとする技術が進められ、モノクロが2年前に携帯電話に搭載され、カラー液晶が今年本格的に実用化される。

消費電力については、液晶そのものは電流を流さないためほとんど電力を食わないが、光源に使うバックライトが、相当な電気を食う。これを減らすことについては当面課題として残る。究極の解決策はバックライトを使わない方式であろう。すなわち自然光を利用した反射型液晶がそれであり、PDAやゲーム機にすでに実用化されている。反射率が新聞紙と同じくらいの数十パーセントにまで上がり、バックライトなしの電子ペーパーができるのもそう遠くないと考える。

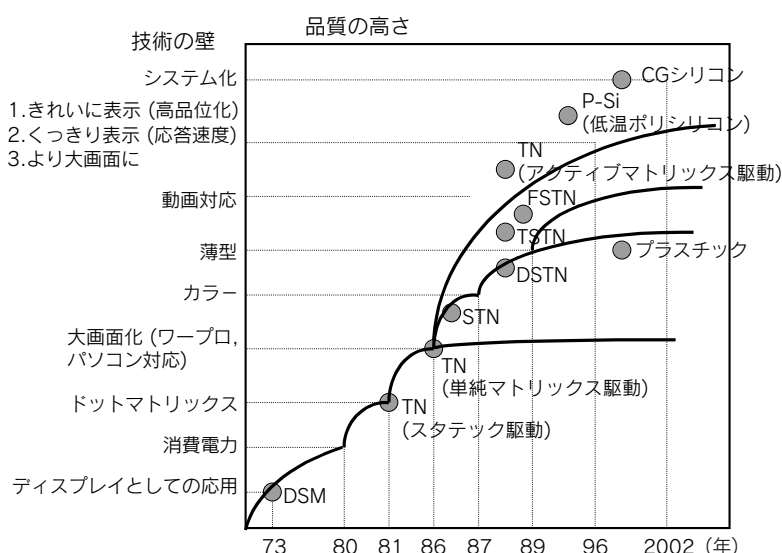


図-7 液晶技術のブレイクスルー

【システム化】

液晶用半導体技術として低温ポリシリコン、CGシリコン技術が注目されている。アモルファスシリコンに比べ電子の移動度が桁違いに速いため、従来は別チップ(プリント基板)を必要とする液晶ドライバ等の半導体回路を液晶のガラス基板の延長上に生成できる。つまり1枚のガラスにシステムを構築できるわけだ。CGシリコンは、低温ポリシリコンよりさらに移動度が速く単結晶シリコンに近いメモリ、その他制御回路まで同一基板上に取りこめる。これを進化させることによりシートコンピュータも夢ではない。

おわりに —

IT社会が着実に進展している。IT社会で情報は水、食べ物と同様なくてはならないものである。ユーザーが最終的にコンテンツ(情報)を入手するときに必要なのが「情報端末」であり、その情報の「窓」となるのがディスプレイ。進化するインフラ、サービスとの連携により、新しいアプリケーションが生まれ、ディスプレイの重要性はさらに高まる。PDPや有機EL等の新規フラット・パネル・ディスプレイも台頭し需要が拡大する中、ディスプレイの本流として、液晶およびそれを取り巻く環境は今後ともますます発展していくであろう。

(平成13年10月22日受付)