

# 知っておきたいキーワード

## 液晶ディスプレイ

正会員 藤掛 英夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NHK 放送技術研究所

"Liquid Crystal Displays" by Hideo Fujikake (NHK Science & Technical Research Laboratories, Tokyo)

キーワード：液晶ディスプレイ、液晶パネル、TFT、バックライト

### 液晶表示について

液晶ディスプレイは、ブラウン管やプラズマディスプレイのように自ら発光するのではなく、入射する光を透過

し遮断して表示する装置です。言わば、液晶という光シャッターを微細に分割して駆動することにより、文字、静止画、さらには映像を表示することができます。現在、低消費電力・高精細表示な

どの特徴から、腕時計から大画面薄型テレビまで幅広い用途で使用されており、情報化社会のヒューマンインタフェースとして欠かせない電子デバイスとなっています。

### 液晶とは

液晶 (Liquid Crystal) は、分子がばらばらになっている液体 (Liquid) の流動性と、分子が3次元的に整列した固体結晶 (Crystal) の光学的性質を合わせもつ特殊な有機材料です。生体の細胞膜も液晶の一種です。代表的な液晶の分子形状は棒状で、剛直で細長い

分子は一方向に向きやすく、**図1**に示されるように適当な温度条件 (分子運動) のもとでは、分子の位置は無秩序でも方向が規則的になります (現象の発見は1888年)。この分子の配列状態、もしくはその状態を有する材料を、液体と結晶の中間という意味で”液晶”と呼びます。

液晶は、見た目は白濁した液体です

が、偏光顕微鏡で見ると鉱物結晶のように鮮やかに発色します。直交する偏光成分の伝播速度 (すなわち屈折率) が異なり、干渉を起こすためです (複屈折効果)。この流動性と光学特性を巧みに活用したのが、現在の液晶ディスプレイです。

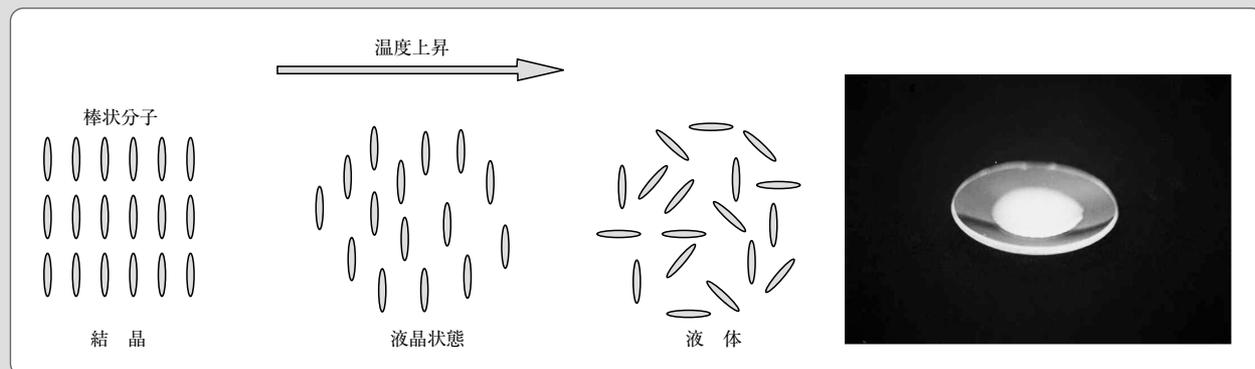


図1 液晶材料の分子配列と概観

### 液晶パネル

液晶は、均一な厚みの薄膜(数 $\mu\text{m}$ )とするため、**図2**に示されるように、透明電極の付いたガラス基板で挟まれて使用されます。この場合、液状の液晶を一定の基板間ギャップで保持するため、微細な柱状(もしくは球状)スペーサが配置されます。さらに、液晶の分子配列を一様化するため、両基板の内側には薄い樹脂膜(配向膜)が塗布されています。この配向膜には、ハイテクにふさわしくない液晶特有の機械工程が施されます。ラビング処理と呼ばれ、配向膜表面をベルベット状の布の付いたローラで強く摩擦するので、これにより、樹脂分子が摩擦方向に並び、液晶分子を補足して安定化します。このような構造のデバイスは、“液晶パネル”と呼ばれます。

分子の長軸・短軸方向で電気分極率(誘電率)が異なる液晶に、基板の透明電極を介して電圧(数V)を印加すると、クーロン力が働いて液晶分子の配列が変化します。その際に、偏光板を通った入射光の偏光方向が複屈折効果により変化して、もう一度、偏光板を通るため、透過光の強度が電圧により変調されます。

ここでは、最も身近なツイストネマティック(TN)液晶と呼ばれる素子を例にとり、光変調の原理を説明します。この場合、**図3**に示すように、2枚の基板の配向膜に接する液晶分子は、直

交しています(すなわち基板のラビング処理方向が直交)。液晶分子の配列は、化学結合やイオン結合などよりも遥かに弱い分子間力(ファンデルワールス力)で保たれているため、内部配列は容易に弾性変形して、基板間で厚み方向に $90^\circ$ 連続的にねじれます。この液晶パネルは、光透過軸が揃った二つの偏光板で挟んで使用されます。無偏光の入射光は入口側の偏光板により一方の直線偏光のみ選択されて一定の屈折率を感じながら、分子のねじれ配列に沿って偏光面が $90^\circ$ 回転します。旋光性と呼ばれるこの現象により、液晶パネルを透過した光は、出口側の偏光板で吸収され出射しません(暗表示

状態)。一方、透明電極間に交流電圧を印加した場合、分子は電界方向に並びます。このとき、分子配列のねじれが解けるため、光の偏光状態は変わりなくなります。そのため、液晶パネルを通った光は、偏光板をそのまま透過して明表示状態となります。

なお、このような液晶パネルをカラー化する方式としては、肉眼では弁別できないほど微細な3原色のカラーフィルタを基板上に並べて空間的に混色するマイクロカラーフィルタ方式と、フリッカを感じないくらい高速に3原色光を点滅して時間的な積分効果すなわち残像効果で混色するフィールド色順次カラー方式があります。

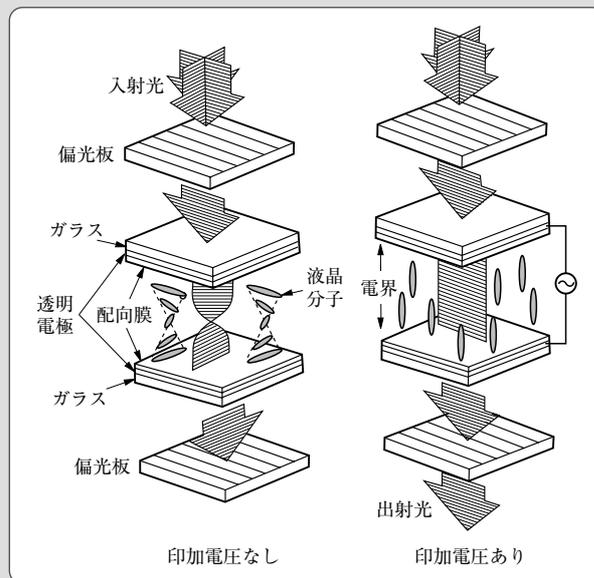


図3 ツイストネマチック液晶の光変調原理

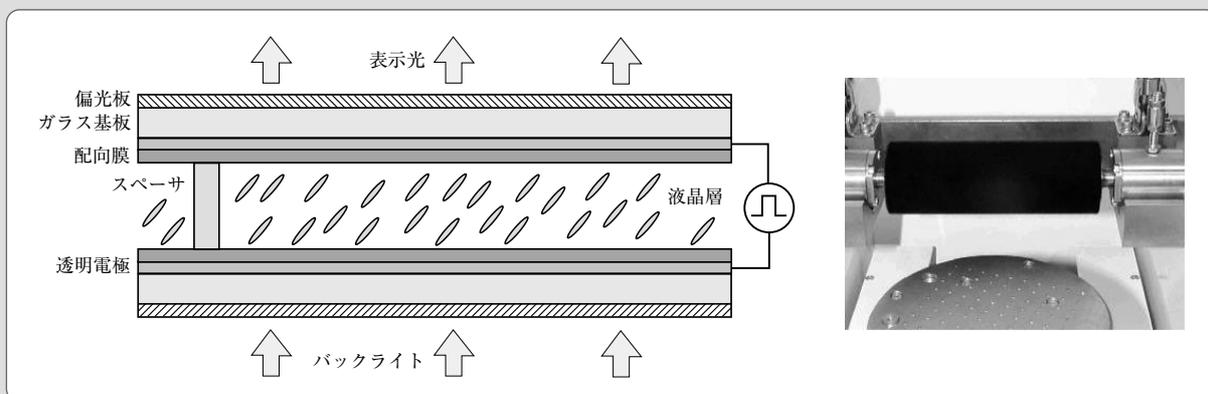


図2 液晶パネルの基本構造(断面)とラビング処理用ローラ

### 薄膜トランジスタ

パソコンやテレビなどの情報量の多い画像を表示する液晶パネルでは、配線数や駆動回路を軽減するため、縦横のマトリクス電極を用いて走査駆動を行います。ただ、単純に縦横の電極をクロスさせただけでは、マトリクス電極数を増やした場合、液晶を挟む電極間の容量結合により電圧が分配されて、液晶にメリハリのある電圧が印加できません(クロストーク)。そのため、コントラストが低下しないように、**図4**に示すように走査の選択時だけ電流を流して、液晶を挟む電極(容量： $C_{LC}$ )に電荷を溜め込むメモリスイッチ素子を、一画素づつ設けます(アクティブマトリクス駆動)。この

スイッチ素子として電界効果トランジスタが一方の基板上に設けられ、それらは薄膜トランジスタ(TFT)と呼ばれています。この場合、ゲート電極への電圧走査に応じて、ソース電極から画像データが書込まれていきます。なお、安定で十分な電圧を液晶層に供給するため、液晶自体の容量と並列に補

助容量( $C_S$ )がTFT基板に作り込まれています。

TFTアレイが低コスト化する前は、コントラストが劣る単純マトリクス駆動が広く用いられていました。高精細なディスプレイとして液晶方式が発展できたのは、TFT技術の賜物と言っても過言ではありません。

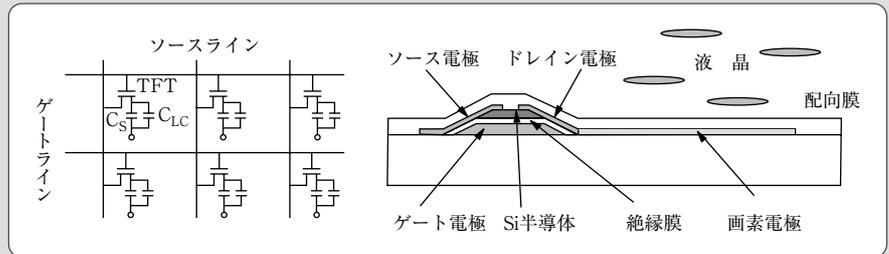


図4 アクティブマトリクス駆動の回路構成とTFTの断面構造

### バックライト

一様な明るさの表示が求められる液晶ディスプレイでは、特殊な照明光学系が液晶パネルに積層されます。小型パネルでは主に導光板が用いられ(**図5**)、エッジ部分に取り付けられた光源からの光は、導光板の内部で散乱を受けながら反射を繰り返して、前面に放出されます。この場合、光源から離れるにしたがって散乱が強くなるように導光板の散乱構造(表面凹凸の密度など)が設計されています。導光板からの光は、さらに拡散板により一様化され、プリズムシートにより集光さ

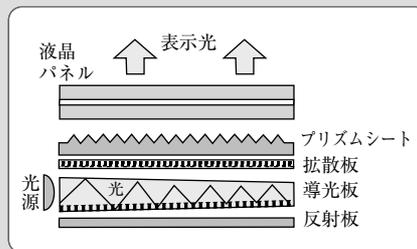


図5 導光板を用いたバックライト構成

れて高輝度化された上で、液晶パネルに入射します。一方、大型パネルの場合は、直下型バックライトと呼ばれ、パネルの背面に拡散板を介して多くの光源が規則的に配置されます。いずれの方式の光源としても、現在、発光効

率に優れた白色の冷陰極管が多用されていますが、最近は色度が広くコンパクトなLEDも普及してきています。

上記のディスプレイが透過方式と呼ばれるのに対して、反射型ではバックライトを用いず、周囲光・外光を拡散反射するミラーが液晶パネル内に設けられます。また、携帯電話では、屋内外の双方で良好な視認性が得られるように半透過型が用いられます。液晶パネル内の拡散ミラーに画素ごとに微細な穴を設けて、背面のバックライトの光を一部透過させる方式です。

### 液晶ディスプレイの多様性

液晶ディスプレイは、液晶分子の初期配列(動作モード)の違いにより、コントラスト、応答時間、視野角などの動作特性に特徴が生じます。開発の当初は、一様な光変調が得られやすい上記のツイストネマチックモードが普及しましたが、現在、大画面化が進むにつれて、視野角やコントラストに優れた基板に平行(IPSモード)もしくは垂直(VAモード)な分子配列が、高精細表示では多く用いられるようになって

ています。

一方、TFT用の半導体には非晶質もしくは多結晶のSi半導体を用いられ、それぞれ大面積化、微細化に利点があるため、用途やコストにより使い分けられています。

液晶は、分子配列、駆動法、照明系の設計自由度の大きさから、さまざまな分野に用途を拡げてきました。今後柔軟な液晶システムは、新たな用途・要請に応じて、思いも寄らない進化を遂げる可能性を秘めています。



**藤掛 英夫** 1983年、東北大学工学部通信工学科卒業。1985年、同大学院修士課程修了。同年、NHK入局。長野放送局を経て、1988年、同放送技術研究所に勤務。以来、液晶光学デバイス、液晶ディスプレイの研究に従事。現在、同所材料・デバイス主任研究員。工学博士。正会員。