

Chapter 1

FPD (Flat Panel Display) と関連産業

見本

1. TFT-LCDとAMOLED比較

1.1 特性比較

1.1.1 駆動方式

図1.1にTFT-LCDとAMOLEDの画素回路を示す。LCDでは各画素にTFT1個、蓄積容量1個の1T1C構成だが、OLEDでは各画素にTFT2個、蓄積容量1個の2T1Cが最低でも必要となる。LCDは電圧駆動のため、TFTをスイッチとし、信号線電圧を蓄積容量に書き込めば画素回路としての動作が完了する。これに対し、OLEDは電流駆動のため、信号線書き込みTFTをスイッチとして蓄積容量に書き込むことに加え、駆動TFTを電流制御する電流源として使用し、電圧-電流変換をする必要がある。TFTのドレイン電流は、移動度および閾値電圧に依存する。移動度および閾値電圧はTFTの特性値としてばらつきを持つため、OLEDに印加する電流がばらつく。その結果、画素ごとの輝度が異なることになり、表示均一性不良として視認されることになる。対策として、移動度および閾値電圧の補正回路が必要になる。したがってLCDに比べて、OLEDの画素に占めるTFTの面積は大きくなる。

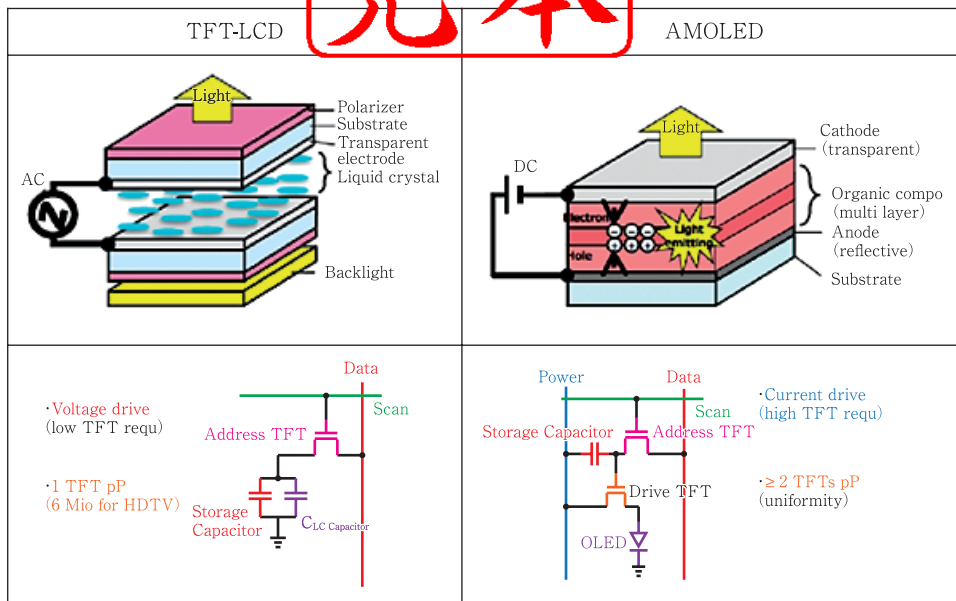


図 1.1 デバイス構造と画素等価回路

1.1.2 応答時間

TFT-LCDとOLEDはともにホールド型ディスプレイであり、表示された画像が所定のフレーム時間内にTFTによって保持されることを意味する。結果として、両ディスプレイと

2. LCD 50th ANNIVERSARY EVENT

SID (Society Information Display) 2018は、Los Angeles Convention Center (Los Angeles California, US) で5月20～25日まで開催された。SymposiumとExhibitionの参加者数は、前年比15%以上の増加となった模様である。この7年間で最高の7,000人近くに達する見込みである。大会としての収支も、過去最高だった3年前の2015年を上回る見通しである。

特に増えているのが、Apple社やGoogle社といった、世界のITを牽引するシリコンバレーの名だたる企業からの参加者である。例えば、Apple社は2017年の参加者数は280人だったが、2018年は30%以上も増えて370人に達した。SIDの特徴は、一般的な学会に比べて産業界との距離が近いことにある。

米国のRCA (Radio Corporation of America) が動的散乱モード(DSM: Dynamic Scattering Mode) LCDを発表してから50年が経過した。そこで、今年のSIDでは、LCD 50th ANNIVERSARY EVENTが5月22日に開催された。Display Weekに北米、アジア、ヨーロッパのLCD学業界のパイオニアが集まった。今回の特別セッションは、University of Central FloridaのShin-Tson Wu教授が座長で、表1.2に示した講演が行われた。

午後6時30分からはLCD Pioneers Receptionが始まった。SIDは学界と産業界の300人のLCDパイオニアおよび専門家を特別に招待した。幸運にも著者も選ばれ参加した。なお、LCD 50th Anniversaryのコミッティは、Wu教授と日本メルク(株)の長谷川氏である。基調講演をされた名古屋大学の天野教授(2014年ノーベル賞受賞)は、LCD 50th Anniversaryのパーティに出席され、LCDの先人たちと交流を深められた。

著者は久しぶりに多くの人たちにお会いできたことに感謝している。

見本

3. スマートフォン用ディスプレイの動向

SID2018 Business ConferenceでTianma社から、C. Peng, “New Mobile Display”の講演があった。以下に概要を紹介する。

スマートフォンは、先進国を中心に買い替え需要が中心となってきており、市場成長率が鈍化している。ここ数年市場拡大を牽引してきた中国も普及が一段落している。今後は、中国を除く其他アジア、中東や中南米、アフリカなどは伸長が期待されるが、中国や北米、欧州は横ばい、日本は横ばいから縮小となり、市場は年率2%程度の低調な成長を予想する。

ディスプレイはTFT-LCDとAMOLEDを対象とした。2017年はTFT-LCDが縮小したものの、「iPhone X」向けをはじめとしたAMOLEDが大幅に伸び、市場が拡大した。2018年はAMOLEDの普及がペースダウンしているものの、前年比1.2%増の5兆5,816億円を見込んでいる。今後は2019年以降に、LG Display社、BOE社、Tianma社など後発メーカーがAMOLEDの出荷数量を拡大させ、業界全体で単価の下落が進み、スマートフォンでの採用がさらに増加すると見ている。

スマートフォンの価格帯の推移を図1.6に示す。240ドル以下の低価格帯が減少する一方、400～635ドルの価格帯が増加すると予測している。

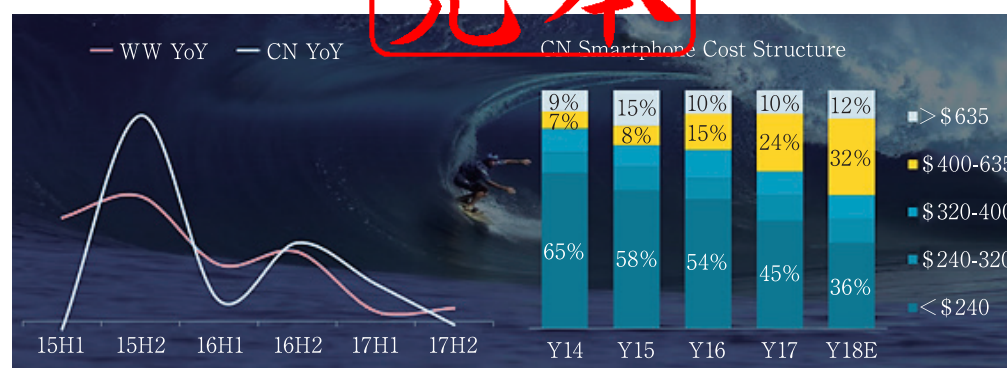


図1.6 Product Portfolio Change For Smartphone (Tianma ; SID2018 Business Conference)

技術トレンドを図1.7に示す。ディスプレイの解像度は、現状400 ppiが500 ppi以上に、フォームファクタはフルスクリーンサイズからフォルダブルになる。集積化としては、指紋認証がディスプレイの下付けからディスプレイ内蔵になると予測される。

Chapter 2

自己配向(ポリイミド配向膜レス) TFT-LCD

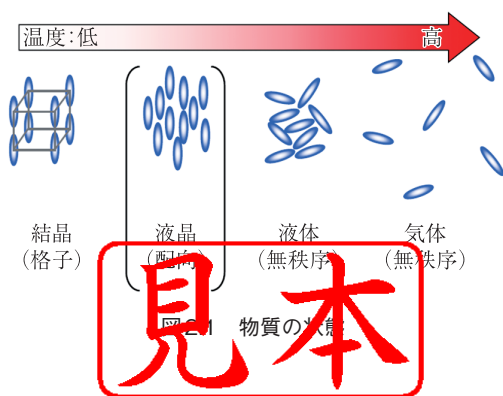
見本

1. 液晶と配向技術の基礎

1.1 液晶とは

通常の固体は、昇温により融点で透明な液体に変化する。しかし、特殊な分子構造を有する物質は、図2.1に示すように、固体から液体に直接には転移しない。液晶(liquid crystal)と呼ばれる中間状態を経てから、通常の液体に変化する。このように、ある温度範囲で液体と結晶の双方の性質を示す物質を液晶と呼ぶ。

液晶には図2.2に示すようにネマティック(nematic)、スメクティック(smectic)、コレステリック(cholesteric)などが知られている。ディスプレイには主にネマティック液晶が用いられ



ネマティック nematic		棒状分子が同じく平行配列しているが、個々の分子は長軸方向に比較的自由に移動でき、層状構造は存在しない。このため、流動性に富み、粘度は小さい。
スメクティック smectic		棒状分子が層状構造を形成し、構成分子は互いに平行配列し、層面上にはほぼ垂直に並んでいる。この分子層間の結合は比較的弱く、互いに滑りやすい。このため、スメティック液晶は二次元的流体の性質を示す。しかし、通常の液体に比べれば、その粘度は著しく大きい。
コレステリック cholesteric		スメティック液晶と同様に層状構造を形成するが、分子長軸は層面内ではネマティック液晶と似た平行配列をしている。そして、隣接層間で分子軸の配列方位が少しずつずれているので、液晶全体としてヘリカル構造を形成している。旋光性、選択光散乱、円偏光二色性などのコレステリック液晶の光学的諸性質は、このヘリカル構造に基づいている。

図2.2 液晶の種類

ている。いずれも棒状分子か板状分子の集団からなる。例えば図2.3に示す棒状液晶3PBC_{3,4}F₂は、44.2℃で固体となり118℃で液体となる。なお、この液晶の長軸は～20 Å、短軸は5 Åである。各タイプの液晶はそれぞれ特有な規則的分子配列を形成し、分子長軸が互いに平行に配列している点が共通している。

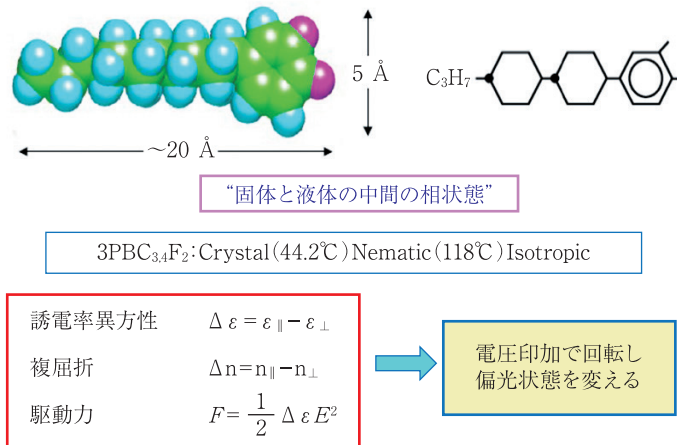
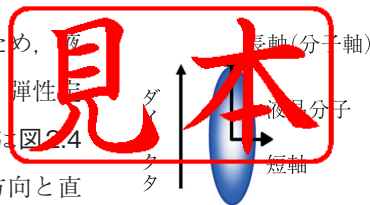


図2.3 液晶の特性

このような特徴的な分子配列のため、液晶が持つ屈折率、誘電率、透磁率、弾性定数、粘性係数、電導度などの物性値は図2.4に示すように、分子長軸に平行な方向と直角な方向(短軸)では相違し、異方性を有す。このような異方性の特徴に加えて、液晶の分子配列は電場、磁場、応力などの外部場の作用で容易に変化するという特徴がある。これは、液晶の弾性率が非常に弱いことに基づいている。誘電率異方性と屈折率異方性を組み合わせた電気光学効果や磁化異方性と屈折率異方性を組み合わせた磁気光学効果などは工学的応用に役立っている。



- | |
|---|
| 特性定数の異方性
Δn : 屈折率
ϵ : 誘電率
μ : 透磁率
κ : 弾性定数
η : 粘性係数
etc. |
|---|

- | |
|--|
| 液晶の各種異方性を利用して表示を行う
・誘電率異方性+屈折率異方性=電気光学効果
・磁化率異方性+屈折率異方性=磁気光学効果 |
|--|

図2.4 液晶の各種異方性

ネマティック液晶に電界を印加すると、液晶分子配列の遷移とそれに伴う光学的性質の変化が生じる。これは、液晶分子軸方向の誘電率 ϵ_{\parallel} とこれに直行方向の誘電率 ϵ_{\perp} が異なるからである。この誘電率異方性 $\Delta \epsilon (= \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp})$ は、液晶の持つ各種の電気光学効果ならびに液晶素子への多様な応用にとって、重要な役割を担っている。図2.5に示すように、誘電率異方性が正の液晶 ($\Delta \epsilon > 0$) を N_p 液晶と呼び、負 ($\Delta \epsilon < 0$) の液晶を N_n 液晶と呼ぶ。

Chapter 3

TFT-LCD の高品位化・高機能化

見本

1. In-Cell 偏光板とその応用

1.1 偏光板

一般にLCDは、入射した直線偏光を液晶(LC)層の持つ電気光学特性で変調し、出射側の偏光板で透過率の強弱や着色の信号として可視化するデバイスである。すなわち、偏光をその表示原理に用いるため、偏光板は必須の部材であるとともに、その高性能化・機能化がLCDの機能向上に欠かせない。偏光板は自然光を直線偏光に変える素子であり、その機能は入射する光を直交する偏光成分の一方のみを通過させ、他方を吸収(あるいは反射・散乱)により遮蔽するものである(図3.1)。偏光板には図3.2に示すように種々ある。ここでは、紙面の関係からすべてを網羅することはできないが、主要なものについて述べる。

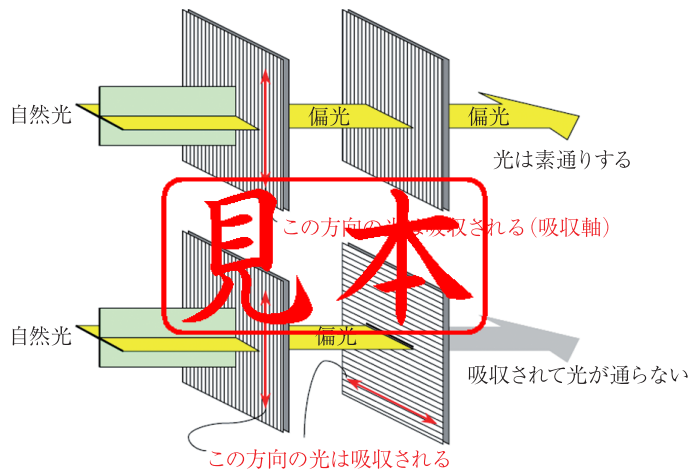


図3.1 直線偏光板

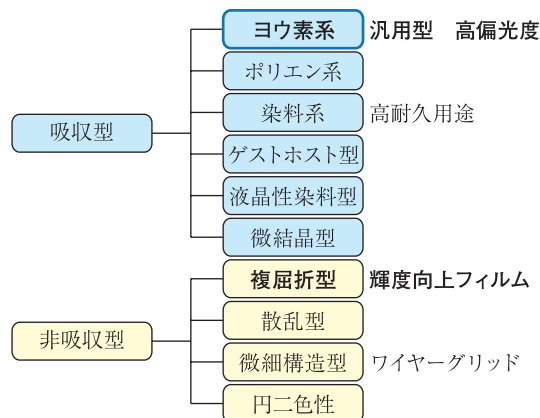


図3.2 偏光板の種類