

世界初の液晶光配向技術UV²Aの開発

宮地 弘一

AVC液晶事業本部 要素技術開発センター

当社は世界で始めて、光配向技術による次世代液晶パネルの量産を堺工場ならび亀山工場ですtartさせることが出来ました。開発した技術は、UV²A^{*1}と命名し、LED AQUOSとして発売したLX1シリーズに搭載されました。UV²Aパネルでは、これまでAQUOSに用いられてきたASVパネルよりも大幅に透過率、コントラスト、液晶応答を改善することができています。特に透過率の向上は省エネに直結するため、液晶テレビのさらなる環境性能向上に大きく貢献しています。本稿では、液晶ディスプレイの表示性能を特徴付ける液晶配向技術の歴史と、今回のUV²A技術の開発取り組み、その製品の特徴について述べたいと思います。

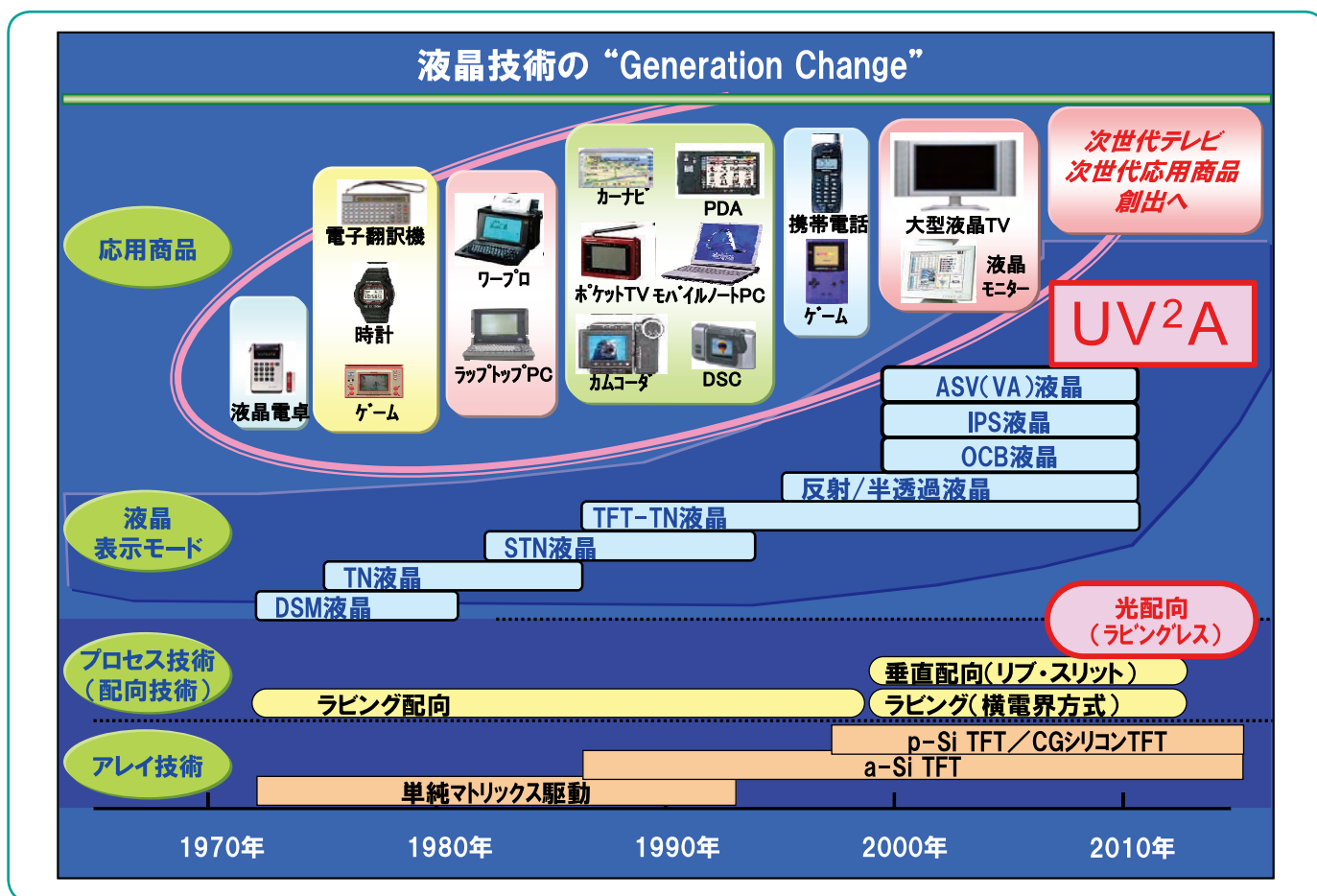


図1 液晶ディスプレイと液晶配向技術の歴史

*1 UV²A

Ultra-violet induced multi-domain Vertical Alignment の略。

液晶の配向とは

ディスプレイで用いられている液晶は、基本構造がベンゼンないしはシクロ

ヘキサンが2～3個連なりその両端に修飾基を持つという、およそ長さ2～3nm程度の棒状の分子で構成されています。それゆえ、液晶分子を模式的に小さな棒状で表すことが多いようです。その棒状

の分子は互いに同じ方向に並ぼうとして、液体と固体の中間の相であるネマチック液晶相という状態をとることができます。液晶ディスプレイではこの液晶が2枚の薄いガラス基板に挟まれているのですが、液晶分子自身は互いに同じ方向を向こうとする性質があるものの、全体としてどちらの方向に並べばよいのか、その方向を決めてやる必要があります。そのために、ガラス基板表面には配向膜という層が形成されています。現在の多くの配向膜は、可溶性ポリイミドで出来ており、溶媒中に数%重量比が溶けている溶液を基板上に塗布・焼成し、最終的には数十nm程度の厚みの配向膜層を形成します。しかし、これだけでは液晶分子方向が基板面内に規定されるだけで、まだ面内の方位を定めることが出来ません。配向膜層の形成後、**図2**に示したように、布が巻きつけられたローラーを回転させて、この配向膜表面を一方方向にこする、いわゆるラビングという処理を行います。これにより、2枚のガラス基板の中に閉じ込められた液晶分子は、所定の向きに均一に並べる（＝配向）ことができるようになります。液晶ディスプレイの初期の頃より存在する、TN^{*2}という表示モードでは、その捩れ配向をラビング方向が互いのガラス基板で90度の角度をなすように処理されることにより実現しています。この液晶の配向処理工程は、液晶ディスプレイの信頼性・生産性に大きく関係するため、配向膜材料ならびにラビングプロセスは、ディスプレイメーカー・材料メーカーらが多大な開発労力を割いた部分でもあります。配向膜材料にはその電気特性やプレチル

ト、膜の均一性等、またラビングプロセスにはプレチルトの均一性、膜の密着性等の重要項目があり、各社がノウハウを蓄積していきました。

ラビングプロセスの課題

しかしながら、ラビングには大きな問題点がありました。①ラビングによる生産歩留まりの低下です。ラビングは布を高速でこすりつけるため発塵（抜けたラビング布の毛や、配向膜の削りカス）が避けられず、この異物が布やガラス基板表面に付着すると、ラビングローラーそのものが異物を引きずってしまうため、スジ状の表示ムラが起きてしまいます。②またガラス基板表面に付着した異物は洗浄工程により完全に除去する必要があり、もし残存すれば、後の工程で液晶層の厚みが均一にならないため、液晶パネルの不良要因となります。③ラビングでは布が絶縁体膜を擦るので静電気を発生しやすいのですが、液晶の駆動に必要であり絵素毎に形成されているTFT^{*3}が、このラビングによって静電破壊を起こすことがあります。

④液晶ディスプレイがパソコンモニターなど大型用途にも使われ始めると、視野角の問題も顕在化してきました。すなわち、液晶ディスプレイの見え方が見る方向によって違ってしまうという問題です。液晶分子の見え方で概念的に説明したのが、**図3**です。見る方向によって、液晶分子の見え方が違っているため、結果として色やコントラストといった表示状態が異なってしまいます。この問題を解決するために考案されたのが配向分割

*2 TN
Twisted Nematicの略。ねじれネマチック。

*3 TFT
Thin Film Transistorの略。薄膜トランジスター。

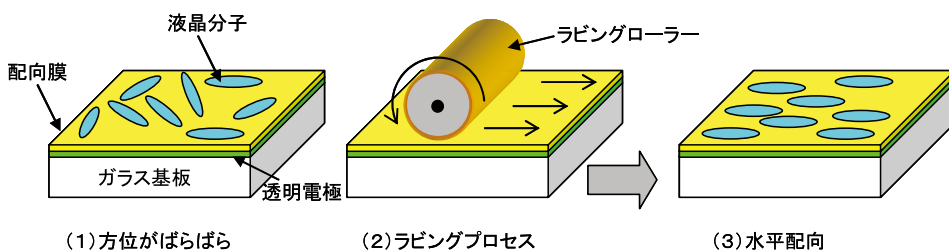


図2 ラビングプロセスによる均一配向の発現

という手法です。図では2つの領域を設けていますが、絵素内で分割するので目では識別できず平均化して見えることとなります。結果として、見る方向によって生じる差異を大幅に軽減することができます。しかしながら、ラビングというプロセスは前述の通り、ローラーに巻きつけた布で基板全体をこするという、基板サイズスケールのプロセスのため、この配向分割の実現が困難でした。

これら課題を一気に解決できると期待されたのが液晶の光配向技術でした。詳細は後述しますが、光配向技術では、ラビングの代わりに所定の紫外線を配向膜に照射します。したがって、ラビングレス、ノンコンタクトを実現できるため、①～③の課題を解決できます。さらに、フォトマスクを用いて各々の領域に分けて複数回の光配向処理を行えば、配向分割をも実現できるため、④の課題も解決

できます。このようなことから、1990年代は光配向技術がさかんに研究された時代となりました。

光配向の歴史

液晶の光配向技術では、これまでと同様に配向膜を形成しますが、ラビングの代わりに、配向膜表面へ紫外線照射を行います。図4に図示したような平行光の照射であり、入射方向および偏光状態によって種々の方式があります。波長については、その配向膜材料によって調整する必要がありますが、おおむね紫外線領域です。

最初の光配向は、アゾベンゼンで形成された表面が、その光異性化により液晶の配向方向を可逆的に制御可能であるという1988年の学術的な発見に始まります。その後、アゾベンゼンを含有させた

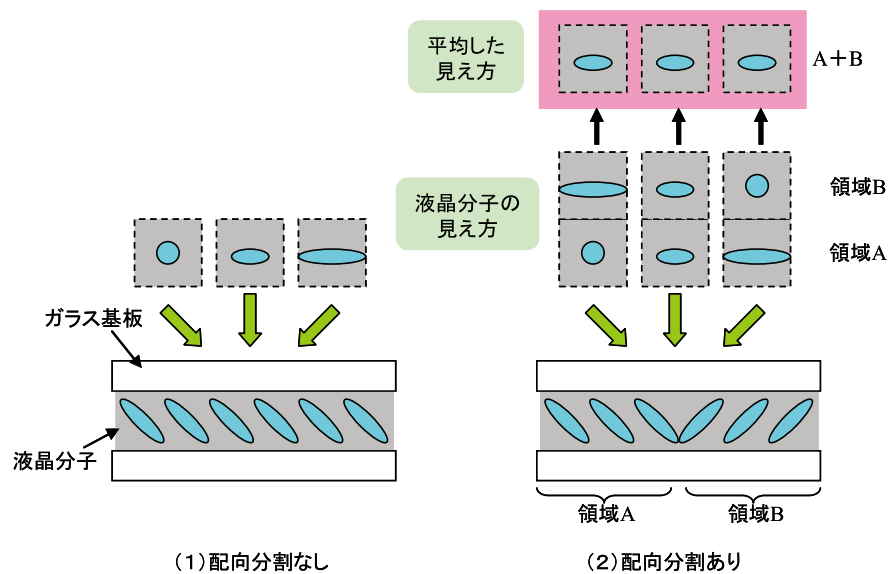


図3 分割配向による視野角改善の概念図

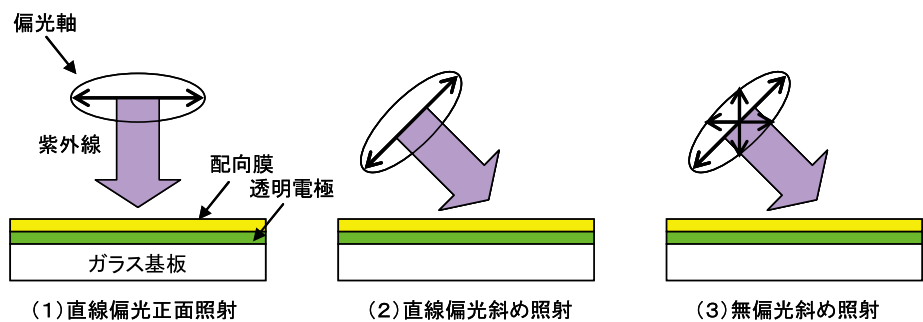


図4 光配向の紫外線照射プロセス

| | TN | MVA | IPS | UV2A |
|------|-----------------|-----|-----|-----------------|
| OFF | | | | |
| ON | | | | |
| ラビング | あり | なし | あり | なし |
| 配向状態 | 水平 (プレチルトあり) | 垂直 | 水平 | 垂直 (プレチルトあり) |

図5 表示モードの分類

高分子に直線偏光紫外線を照射することにより均一な水平配向を得られる発表が1991年にありました。さらに1992年には、ポリビニルシナメートの直線偏光紫外線の二量化によっても配向性能を発現できることが示されました。1994年には、深紫外線のポリイミドへの照射による光分解の異方性によっても配向可能であることが示されました。これらを始め、90年代初頭は種々の光反応メカニズムおよび材料系による光配向技術の発表があり、各研究機関および各社が活発に研究開発に取り組んでいました。

しかしながら、1995年にIPSモード*4、1997年にMVAモード*5が発表され、一気に光配向の研究開発の活気は失われることになりました(図5)。

MVAモードでは、チルト角が完全に垂直(90度)である垂直配向膜を用い、絵素にはリブ(突起)および電極スリットを設けています。配向膜自体は垂直配向性であり、かつラビング処理も行わないので、液晶分子が倒れる方位を規定することができません。しかし、リブの有する傾斜、ならびに電極スリットが生じる斜め電界によって、液晶分子の倒れる方位を制御できるようになりました。リブと電極スリットの形成方向を最適化して得られる4分割配向は、視野角の改善を実現しています。

IPSモードでは、ラビング自体はおこなうものの、櫛歯電極構造による横電界

方式により視野角改善を達成しました。

現在の各社の大型液晶テレビの表示モードはおおむね、このMVA系かIPS系に分類することが出来ます。MVAモードは、ラビングレスによる高歩留まり、配向分割による広視野角、垂直配向による高コントラスト*6という特徴を有します。2001年より当社は、液晶表示としてMVAモード、さらにパネル周辺技術、回路技術を総合的に開発したASVパネルを液晶テレビAQUOSに搭載しました。

新しい当社の挑戦とUV²Aの誕生

我々は、さらなる液晶パネルの改良に望むべく、理想の液晶表示モードを模索しました。すなわち、MVAモードの問題点とは何かを徹底的に議論しました。問題点は、以下の3点と考えました。①リブや電極スリット付近がバックライトの光を透過できない暗線となるため光利用効率にロスが生じている。②黒表示時、リブ付近の液晶分子長軸が、リブの傾斜に沿ってあらかじめ斜めに傾いているため、そこからの光漏れがコントラストを低下させる。③液晶分子の配向方位を決める配向規制力が、リブおよび電極スリット近傍にしかないため、リブと電極スリットの間位置する液晶は、電圧印加した瞬間には応答する方位を定めることが出来ません。この付近の液晶は、リ

*4 IPSモード
In-plane Switchingの略。

*5 MVAモード
Multi-domain Vertical Alignmentの略。

*6 高コントラスト
白輝度と黒輝度の比で表す。

ブないしは電極スリット付近の液晶が応答した後、その応答が伝播してくることによって、ようやく応答方位が定まることとなります。液晶材料自身はその弾性定数、粘性定数、誘電率で定まる応答性能を有しているものの、そのポテンシャルを十分に引き出せていない、という状態にありました。

これら課題に対して我々の出した結論は、リブおよび電極スリットは排除し、配向膜にわずかなプレチルトを付与し、かつその方位が異なる4つの領域を絵素内に形成する技術を開発する、でした。すなわち、リブおよび電極スリットによる局所的な配向規制から、面による配向規制への転換を目指すものでありました。

開発当初は、種々の分割配向の手法を検討しましたが、最終的には、プレチルトの方位を絵素内で比較的容易にバターン可能な光配向技術の開発に注力しました。まず必要不可欠な開発要素は、光配向膜材料です。重要な項目としては、信頼性はもちろんのこと、光配向プロセスで大事なのはその光感度、すなわち、スループットになります。第8世代（亀山工場、2,160mm×2,460mm）や第10世代（堺工場、2,880mm×3,130mm）といった超大型基板全域に光を照射するには、その光照度にも限界があるため、高感度の材料が必要になります。またプレチルト角を所望の照射エネルギー付近で安定に得ることも重要です。プレチルト角の安定発現は、液晶ディスプレイの表示品位に関わる電圧透過率特性に影響するからです。したがって、基本技術は90年代のものではありますが、必要とされる材料性能のレベルが全く異次元の

ものであり、材料開発という意味では、一からのスタートとなりました（図6）。

材料開発にあたっては、従来の材料メーカーに必要性能を要望し、その評価を我々が行う、という手法ではなく、我々自身も深く材料開発に入り込みました。理由は、上述の通り、全く次元の違う光配向膜材料が要求され、また、その性能が密接にプロセス・工場設計に大きく関わってくるからです。当社がこれまでに培ってきた液晶技術者の知見、知識、経験、ノウハウ、すべてを注ぎ込む必要がありました。最終的な配向膜インクとして量産材料を確定するまでには、およそ400種ものサンプルを評価・解析しています。

工業的には全く新規のプロセスであったため、光配向露光装置も当社で開発していますし、絵素設計も新規です。材料、装置、設計を融合するプロセス技術もまた新規開発でありました。開発当初は研究開発部門の数人からスタートしましたが、この新規液晶プロセスUV²Aの量産化には、本当に多くの方々が携わったと思います。

その努力が実り、2009年9月には“UV²A”として技術発表し、同11月発売のLED AQUOS LX1シリーズには、“次世代液晶パネル”として、40型、46型、52型、60型すべてに本技術によるパネルを搭載いただいています。

UV²Aパネルの実力

次にUV²Aパネルの特徴性能を述べます。図7は、白状態の絵素の比較写真です。明らかに、絵素内の暗線がUV²Aでは少なく、視野角改善に必要な4分割配

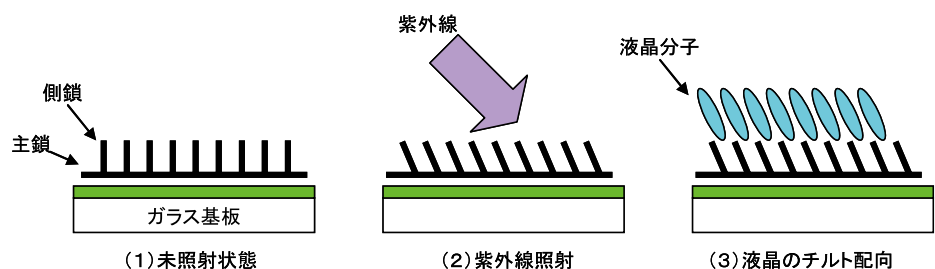
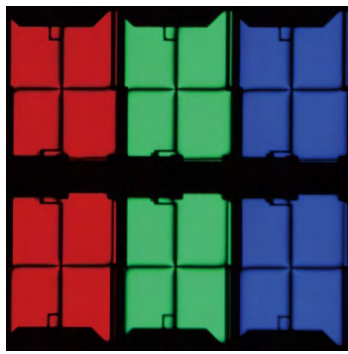
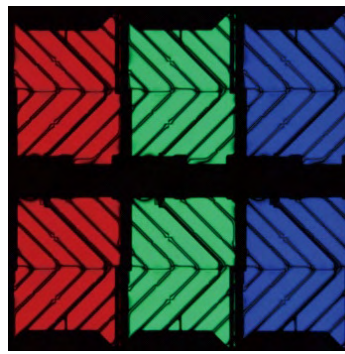


図6 光配向によるチルト角発現の概念図

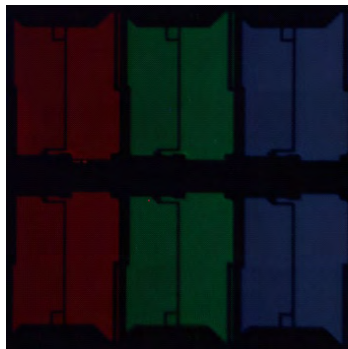


(1) UV²A パネル

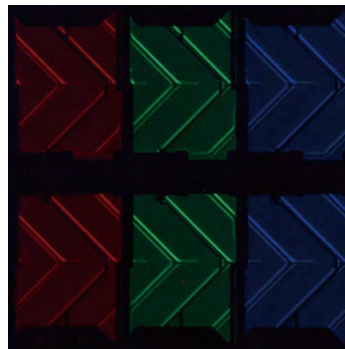


(2) ASV パネル

図7 白表示時の絵素比較



(1) UV²A パネル



(2) ASV パネル

図8 黒表示時の絵素比較

向において最低限必要な本数に抑えられています。透過率はASVパネルと比較し、実に20%以上も改善できました。これは液晶テレビのほとんどの消費電力に関係するバックライトユニットの省エネ、さらには省資源につながり、UV²Aは環境性能に優れた液晶パネルと言えます。

また、図8は、黒状態の絵素の比較写真です。ASVパネルでは、リブ近傍の液晶由来の光漏れがはっきりと確認することが出来ます。これにより、ASVパネルではコントラストが2000～3000程度となっていました。UV²Aパネルではこれら光漏れを完全に抑制することが出来たため、5000以上のコントラスト性能を発揮することが出来ています。コントラストの大幅改善は「沈み込んだ黒」を実現し、表示品位の向上に大きく役立ちます。

将来展望

リブや電極スリットを設けなくてもよいことは生産上のメリットも生み、性能

および生産の両方の革新をUV²A技術開発によってもたらすことが出来ました。すでに本技術は堺工場、亀山工場に導入されており、液晶パネル技術のジェネレーションチェンジを成しえたといえるでしょう。しかし、本技術は単にUV²Aパネルを生産するだけの技術で終わらせるのではなく、この技術を核として、さらに発展させていくことが可能であると思います。光配向技術とは有機材料の異方性を自在に操る技術であり、当然、液晶の配向は垂直、水平、チルトを、自在にかつパターンニングを可能とします。技術的には配向膜だけでなく、位相差フィルム、偏光板など、有機材料の異方性形成によって実現されている素子をも作成可能です。もちろん、今の部材をそのまま置き換えるだけではメリットがありませんが、新しい応用提案とセットで開発することができれば、さらなる技術・商品の広がりも見えてくるでしょう。UV²A技術のさらなる発展を目指していかなければなりません。