

高画質化パネル技術/ イオンビーム配向

鈴木 照晃・松嶋 仁・佐々木 洋一

要 旨

一般的な液晶パネルの製造工程では、液晶をガラス基板の間で一様に配向させるために、バフ布で基板を擦る技術(ラビング法)が用いられています。本稿で紹介する「イオンビーム配向技術」とは、このバフ布の代わりに、高速に加速されたイオン性粒子のビームを用いる技術です。極めて微細で高密度な処理を行うことができるため、高いコントラストとなめらかな画質を実現することができます。本技術の開発において鍵となる液晶の配向規制力については、新規に確立した評価技術を用い、材料やプロセス条件への依存性を評価して最適化を行いました。試作した液晶パネルでは、1,200:1(従来比25%UP)のコントラスト比が得られています。

キーワード

●液晶パネル ●画質 ●コントラスト比 ●製造技術 ●配向 ●ラビング ●イオンビーム
●アンカリング ●配向規制力 ●評価技術

1. はじめに

液晶TVやコンピュータ用液晶モニタなどの中核部品である液晶パネルの製造工程は、①アレイ工程、②セル工程、③モジュール工程の3段階に大きく分けることができます。①のアレイ工程では、ガラス基板上に、画素をスイッチングするための薄膜トランジスタ(以下、TFT)や駆動のための信号線および走査線などを、縦横のアレイ状に形成します。②のセル工程では、このアレイ基板と、別途調達したカラーフィルタ基板(以下、CF基板)の表面に、液晶を所定の方向に整列させるための配向処理を施し、そして互いに貼り合わせて、その隙間に液晶材料を封入します。③のモジュール工程では、これに周辺駆動回路基板やバックライトモジュールを組み合わせて、液晶パネルを完成させます。

本稿では、上記②のセル工程における高画質化パネル技術の1つとして、イオンビーム配向技術を取り上げ紹介します¹⁾。

2. イオンビーム配向技術

イオンビーム配向技術とは、従来のラビング技術に代わる新しい配向技術です。まず、従来から用いられているラビング技術について説明します。

液晶パネルは、先述のように、アレイ基板とCF基板とが重

ね合わせられ、その隙間に液晶材料が封入された構造を持っています。このような液晶パネルでは、液晶を2枚の基板の間で一様に秩序正しく配向させておく必要があります。このために行われるのが配向処理です。現在では、ラビング法という技術が一般的に用いられています。これは、基板の表面にポリイミドなどの有機物からなる配向膜を印刷塗布し、バフ布を巻いたローラーを回転させながら一方向に擦る(ラビングする)方法です(図1)。このような方法によって、液晶材料を、配向膜の表面に一様に配向させることができます。

ラビングによる配向技術は、実際の生産現場において十分に確立されてはいますが、まだ一部に課題が残っています。たとえば、ラビングで削れた配向膜のくずやバフ布の繊維片により基板や製造ラインが汚染されやすいという問題があります。また、ラビングによって配向膜表面につけられるランダ

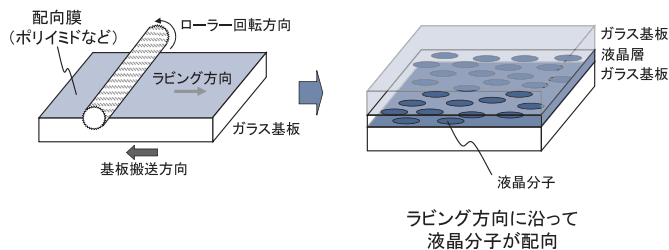


図1 ラビング法による液晶配向技術

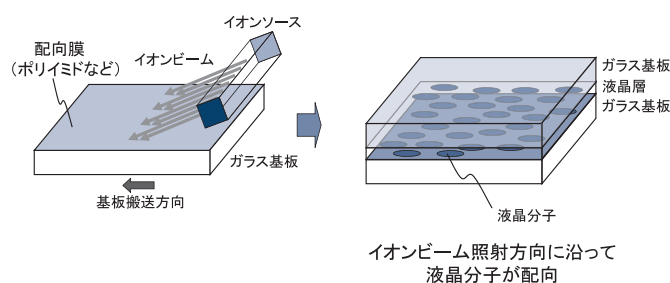


図2 イオンビーム法による液晶配向技術

ムな擦りキズのために、一定の値以上のコントラスト比を得るのが難しく、また、暗室での使用などの特殊な条件下では、黒表示時に画面がざらついて見えたり、ラビング方向に沿った筋状のムラが見えてしまったりするなど、今後の画質改善を狙う上で克服しなければならない課題が残されています。

このような背景から、NEC液晶テクノロジーでは、高度な信頼性と画質が求められる医療用・放送用モニタなどのハイエンド用途向けに、機械的な接触を伴わない新しい配向技術である「イオンビーム配向技術」の開発に取り組んできました。

イオンビーム配向技術とは、配向膜をローラーで擦る代わりに、電界中で高速に加速したイオン性粒子（たとえばArイオン）のビームを斜め方向から照射することによって、配向膜表面の性質に異方性を付与し、これによって液晶を配向させる技術です(図2)²⁻⁶⁾。一般的なラビングローラーのパフ布に用いられる繊維の直径が数十 μm 程度であるのに対し、Arイオンの径はこの10万分の1以下であるため、極めて微細なレベルでの表面処理を、高密度で行うことができます。したがって、配向膜の表面に擦りキズがつくことがなく、高いコントラストと、ざらつきやムラのない、なめらかな黒画面を実現する技術として、期待が高まっています。

3. 配向規制力評価技術の開発

イオンビーム法のような新しい配向技術の開発では、十分な配向規制力(表面に液晶を均一に並ばせるための規制力)を実現することができるかどうか1つの鍵であり、そのための評価技術の確立もまた重要です。

2005年のSID国際会議において、ビオイ・ハイディスのグループが、イオンビームを照射したポリイミド膜について、その特性の解析結果を報告しています⁶⁾。配向規制力の評価結果についても紹介されており、ラビング法と同等レベルの規制力

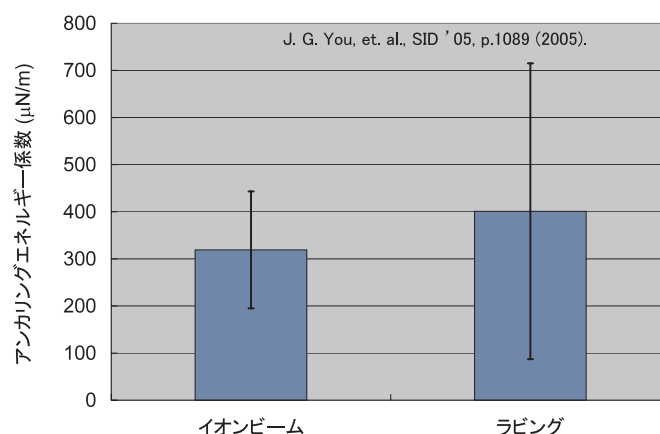


図3 文献にみられる配向規制力の評価例

が得られているとしています。図3は、この結果をグラフにして表したものです。これは、トルクバランス法と呼ばれる従来からの方法で測定した結果によるものです。配向処理方向が上下の基板で所定角度ねじれている液晶セルを作成して実際の液晶のねじれ角を測定し、この角度が狙った角度から何度ずれているか、ということから、配向規制力を求める手法です。液晶の弾性による復元トルクと配向膜界面の弾性的規制力とのバランスによって実際のねじれ角が定まるために、トルクバランス法と呼ばれています。

このようなトルクバランス法による配向規制力の評価は、その簡便さゆえに幅広く用いられています。しかし一方では、測定値のばらつきが大きく、なかなか信頼できる値が得られない、などの問題も指摘されています。図3の測定結果を見ても、測定値のばらつきが大きいことが分かります。近年では、トルクバランス法をベースとした測定法の改良も進んできていますが、正確な値を求めるにはそれなりに手間をかける必要があります。いまだ発展途上の段階にあります⁷⁾。

トルクバランス法を始めとした主な配向規制力の評価においては、配向膜界面への液晶分子のアンカリングを、「弾性的モデル」により捉えています。液晶分子が弾性的に、すなわちある種のパネによって、配向膜界面にアンカリングされているとみなし、そのパネの強さ(アンカリングエネルギー係数)を測定するものです。

一方、いくつかのグループによって、「非弾性的な配向ずれ現象」について報告されています⁸⁻¹⁰⁾。これは、外場(電場・磁場など)による強いトルクを、十分に長い時間におわたって液晶にかけた場合に、配向膜界面の液晶配向方位そのものが非

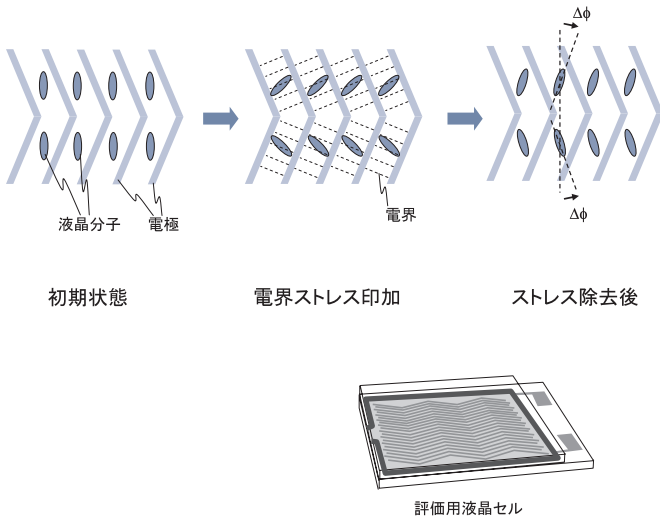


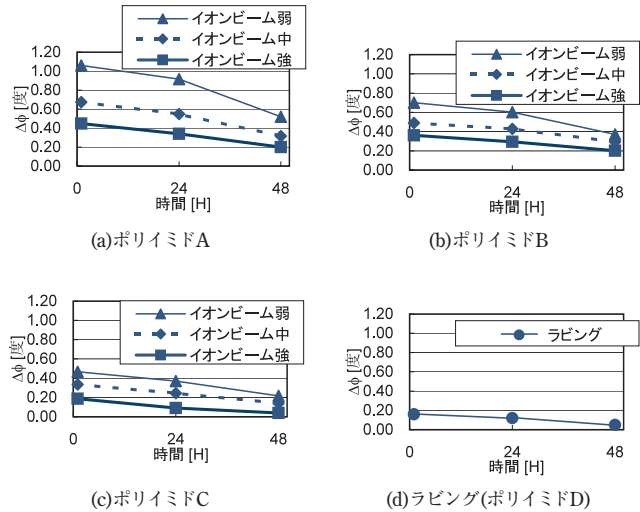
図4 非弾性モデルによる配向規制力評価手法

弾性的に変化してしまう現象です。界面に吸着された個々の液晶分子が、離脱一再吸着を繰り返すことによって、段階的に(巨視的には徐々に)配向方位がずれていく、というメカニズムにより説明されています。

当社が開発した配向規制力の評価技術は、このような非弾性的な配向ずれ現象に着目した手法によるものです¹⁾。図4は、この評価手法を説明する概略図です。まず、ジグザグに屈曲した櫛歯状の電極を持つ液晶セルに電圧を加え、液晶を電界方向に回転させた状態で長時間保持します。その後、電界を除去して一定時間を置いてから、屈曲境界を挟んだ両側の液晶の配向方位を複数の点で測定し、それぞれ平均します。そして、この差を取って2で割ることによって、初期状態からの配向ずれ量 $\Delta\phi$ を求めました。

この手法によると、評価用液晶セルを測定ステージに固定するとき生じる誤差を除去することができるため、高い精度で再現性の高い測定が可能です。また、SFT技術*を適用した実際の液晶パネルと類似した構造の液晶セルを用いているために、実際の特性との相関がとりやすい、といったメリットが挙げられます。

*SFT技術: SFTはSuper Fine TFTの略。超広視野角・低カラーシフト・高速応答などを特徴とするNEC液晶テクノロジーの高画質液晶技術のことです。横方向の電界によって液晶分子を基板面に水平な面内で動作させるIPS(In-Plane-Switching)方式技術を核としています。

図5 配向ずれ量 $\Delta\phi$ の時間回復

4. 材料・プロセス条件の最適化

第3章で述べた配向規制力評価手法を用い、イオンビーム配向技術で用いる配向膜材料およびプロセス条件の最適化を行いました。

図5は実験結果の一部を示すグラフです。3種類のポリイミド(ポリイミドA、ポリイミドB、ポリイミドC)を用い、イオンビームの加速電圧を3条件(弱、中、強)として作成した液晶セルについて、実際の液晶パネルでの駆動電圧に相当する電圧を24時間にわたって印加し、電圧を除去してから1時間後、24時間後、48時間後に測定した配向ずれ量($\Delta\phi$)を示しています。ラビング法によって作成した液晶セルでの結果についても、併せて示しています。

最も配向ずれの大きい条件(“ポリイミドA”、“イオンビーム弱”)では、24時間の電界ストレスによって1.1度の配向ずれが生じています。その後、徐々に回復が見られるものの、少なくとも48時間以内では元通りには復元していません。一方、“ポリイミドC”と“イオンビーム強”の組合せでは、ラビング法と比較しても遜色のない配向規制力が得られていることが分かります。

5. プロトタイプ試作

第4章で述べた実験結果に基づき、“ポリイミドC”と“イオンビーム強”の組合せを適用してプロトタイプ(10.4型モノク



図6 イオンビーム配向技術のアプリケーション例

ロパネル(1,024×768画素)、21.3型モノクロパネル(1,600×1,200画素)、などの試作を行いました。試作パネルのコントラスト比は1,200:1であり、比較用に作成したラビング法によるパネル(950:1)と比較して25%高い値が得られました。また、黒表示時の画質は、極めてなめらかでムラのないことを確認することができました。その他の特性については、ラビング法によるパネルとの差は見られず、応答速度などへの影響もないことが確認できました。

6. おわりに

以上のように、NEC液晶テクノロジーでは、高画質化パネル技術の1つとして、イオンビーム法による配向技術の開発を進めています。今後は、高度な信頼性と画質が求められる医療用・放送用モニタなどのハイエンド用途製品(図6)への適用をめざし、さらに細部の開発を進めていく予定です。

最後に、日本アイ・ビー・エム(株)エンジニアリング&テクノロジー・サービス事業部殿には、イオンビーム処理の実施を含め、多大なる協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) T. Suzuki, et. al., IDW/AD '05, p.57 (2005).
- 2) P. Chaudhari, et. al., Nature, Vol. 411, p.56 (2001).
- 3) Y. Nakagawa, et. al., SID '01, p.1346 (2001).
- 4) J. L. West, et. al., SID '02, p.1102 (2002).
- 5) J. G. You, et. al., IDW '04, p.195 (2004).
- 6) J. G. You, et. al., SID '05, p.1089 (2005).
- 7) 木村宗弘 液晶 第10巻 p. 95 (2006)
- 8) V. P. Vorflusev, et. al., Appl. Phys. Lett., Vol. 70, p.3359 (1997).
- 9) S. Faetti, et. al., Eur. Phys. J. B, Vol. 11, p.445 (1999).
- 10) D. N. Stoenescu, et. al., Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 351, p. 427 (2000).

執筆者プロフィール

鈴木 照晃
NEC液晶テクノロジー
技術本部開発部
主任
日本液晶学会会員

松嶋 仁
NEC液晶テクノロジー
研究本部研究部
主任
日本液晶学会会員

佐々木 洋一
NEC液晶テクノロジー
技術本部開発部
エンジニア