

ステロイド骨格を有する液晶テレビ用 配向膜材料の開発と工業化

Development and Industrialization of Novel Alignment Films with Steroidal Structure for Liquid Crystal Display Televisions

松木安生
Yasuo Matsuki

西川通則
Michinori Nishikawa

河村繁生
Shigeo Kawamura

山本圭一
Keiichi Yamamoto

六鹿泰顕
Yasuaki Mutsuga

An alignment film is a material used for the unidirectional alignment of liquid crystal (LC) molecules; these molecules are located between the glass substrates used inside the liquid crystal display (LCD) panels. Alignment films are an important component as they influence the display performance of LCD panels. When LCD panels first appeared on the market, they were used as small display panels in devices such as digital clocks and personal computers; however, in order to extend the use of LCD panels to large-screen LCD televisions (TVs) later, it became essential for alignment films to become technically advanced.

We developed novel polyimide (PI) alignment films with steroidal structure for LCD-TVs. The PIs can generate any desired pretilt angles between 3-90°, which are needed to realize LCD-TVs such as twisted nematic, optically compensated bend, and vertical alignment modes. The PIs also show very stable pretilt angles, together with good electrical properties. The developed PI alignment films are widely used for large screen size LCD-TVs with high contrast and fast response time.

1 はじめに

液晶表示素子(LCD)は、薄型化や高精細化が可能であること、地上波デジタル放送に対応可能であること、並びにブラウン管対比大幅な低消費電力を示すことから、携帯電話、コンピュータ、モニター、テレビ、などのディスプレイに採用され、広く市場に普及している。配向膜は、LCDに使用される材料の一つであるが、液晶分子と直接接触し液晶分子の配列状態を直接制御するため、LCD作製において必要不可欠な材料である。わずか0.1 μ m程度の薄膜ではあるが、液晶配向能の他に、高透明性、高耐熱性、化学的安定性、機械的強度などが要求され、ポリイミド系材料が広く配向膜として使用されている。

2 技術開発の経緯

LCDを従来のデジタル時計、コンピュータ、携帯電話

用途から、テレビ用途に展開するためには、LCD中の液晶分子と配向膜の界面における傾斜角(プレチルト角)を精

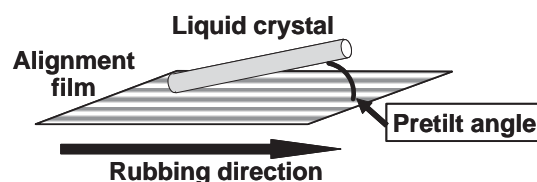


Figure 1 Pretilt angle of LC on alignment film.

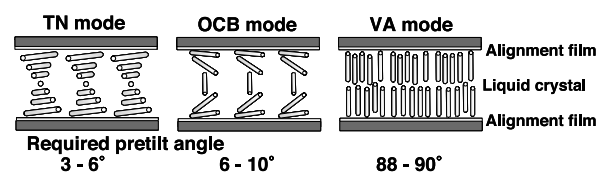


Figure 2 LCD modes for TV use. TN: Twisted Nematic, OCB: Optically Compensated Bend, VA: Vertical Alignment

密に制御する必要がある(図1)。従来用途のLCDでは、 $1\sim 2^\circ$ のプレチルト角で十分であったが、テレビ用途向けには更に高いプレチルト角を示す配向膜が必要となってきた。図2に、テレビ用途のLCDとして適用される、TN (Twisted Nematic)モード¹⁾、OCB(Optically Compensated Bend)モード²⁾、VA (Vertical Alignment)モード³⁾のLCD断面図を示す。それぞれのモードごとに配向膜に要求されるプレチルト角は、 $3\sim 6^\circ$ 、 $6\sim 10^\circ$ 、 $88\sim 90^\circ$ と大きく異なり、従来のプレチルト角 $1\sim 2^\circ$ を示す配向膜では対応出来ず、高いプレチルト角を示す配向膜が望まれていた。

3 技術の概要と特長

3.1 従来のプレチルト角発現方法

主成分であるポリアミド中に、長鎖アルキル基やフッ素原子を導入し、その排除体積効果⁴⁾や表面自由エネルギー⁵⁾を制御することで、高いプレチルト角を発現させる研究が行われてきた(表1)。その導入方法としては、単純添加系、ポリアミド末端導入系、ポリアミド側鎖導入系、ポリアミド主鎖導入系が考案されたが、 $3\sim 90^\circ$ の広い領域で制御可能なプレチルト角を得ることが難しいこと、得られるプレチルト角がLCDを製造するプロセス条件変動の影響を受け不安定であること、並びにLCDとしての電気特性(残像等)が劣ることなどから、これらの材料を液晶テレビ用途に展開するためには大きな障壁があった。

Table 1 Generation method of pretilt angle

Generation method of pretilt angle	Properties of LC cell			Reference
	Controllable range of pretilt angle	Stability of pretilt angle	Electrical properties*	
Addition of alkyl-containing compound to PI	$3\sim 5^\circ$	\triangle	\times	6
Introduction of alkyl chain into PI end position	$3\sim 10^\circ$	\triangle	\triangle	6
Introduction of alkyl chain into PI side position	$3\sim 90^\circ$	\times	\triangle	7
Introduction of alkyl chain into PI main chain	$3\sim 5^\circ$	\triangle	\triangle	8
Introduction of fluorine atoms into PI	$3\sim 40^\circ$	\triangle	\times	9
Target to realize LCD-TV	$3\sim 90^\circ$	\circ	\circ	-

\circ :good, \triangle :fair, \times :poor
*Image sticking of LC cell

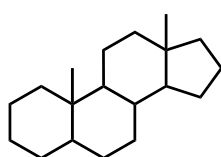


Figure 3 Chemical structure of steroidal unit.

3.2 ステロイド骨格を有するポリアミド配向膜の開発

これら課題に対して、アルキル鎖対比で剛直な脂環構造を有する「ステロイド骨格」(図3)に着目し、「ステロイド骨格を有するジアミン」を新規に開発した。ポリアミドへの「ステロイド骨格を有するジアミン」の導入で、従来の長鎖アルキル基やフッ素原子導入ポリアミド系では達成出来なかった、 $3\sim 90^\circ$ の間で制御可能で、剛直な骨格に由来する安定したプレチルト角の発現が達成出来た。また、含フッ素官能基のような分極構造を持たないため、テレビ用途での残像が発生し難いLCDを製造できることが明らかとなった。

図4に、検討に使用した溶剤可溶性ポリアミド¹⁰⁾の化学構造を示す。図5に、「ステロイド骨格を有するジアミン」の導入量と、その際のLCDのプレチルト角の関係を示す。ここでは、「ステロイド骨格を有するジアミン」(Y)と2種のジアミン(X1:剛直骨格、X2:屈曲骨格)の共重合比率を変化させた。「ステロイド骨格を有するジアミン」の導入量と共にプレチルト角は上昇した。剛直骨格のX1を使用した場合、プレチルト角の上昇は急峻で、一方、屈曲骨格のX2では、なだらかなプレチルト角上昇を示した。このように、併用するジアミンの種類と、ポリアミドへの「ステロイド骨格を有するジアミン」の導入量を制御することで、先に述べたテレビ用途のLCDモードに必要なとされる $3\sim 90^\circ$ のプレチルト角を制御可能なことが明らかとなった。

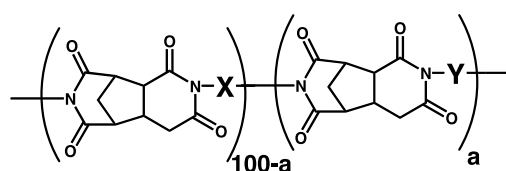


Figure 4 Chemical structure of PI used. X1 and X2: conventional diamine, Y: diamine with steroidal structure.

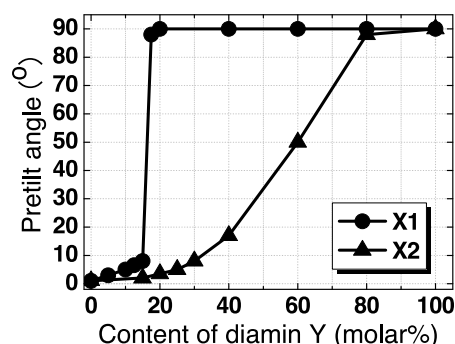


Figure 5 Relationship between content of diamine with steroidal structure (Y) and pretilt angles of LC.

3.3 TN・OCBモード用配向膜の開発

上記開発の配向膜技術を応用し、各LCD製造メーカーとの緊密なワークにより、それぞれのLCD製造メーカーに対して配向膜の最適化を実施した。具体的には各LCD製造メーカーのラインプロセス条件や、使用する液晶材料により、必要とされるプレチルト角が異なったため、「ステロイド骨格を有するジアミン」種と導入量の最適化、併用する他のジアミン種、ポリマーの分子量制御などで材料の最適化を実施した。これにより、各LCD製造メーカーの要求に適合するプレチルト角3~10°で、かつ、そのプロセス安定性に優れた配向膜を開発し、液晶テレビへの本技術の採用が進んだ。

3.4 広視野角・高コントラスト技術としてのVAモード用配向膜の開発

1997年に、上記TNモードより、液晶テレビとしての視野角が広く、表示コントラストに優れるVAモードの液晶テレビが考案された³⁾。VAモードのLCDでは、プレチルト角88~90°と、非常に高いプレチルト角が必要とされた。このような高いプレチルト角を発現させることは、従来検討されていたようなポリイミド中への長鎖アルキル基や含フッ素官能基の導入では達成困難であった。これに対して、本技術の「ステロイド骨格を有するジアミン」は、従来技術よりもプレチルト角の発現能力が非常に高く、ポリイミド中への「ステロイド骨格を有するジアミン」の導入量を少なくしても、プレチルト角88~90°を容易に達成することが出来た。VAモードのLCDに関しても、LCD製造メーカーとの緊密なワークを通して配向膜組成の最適化により、VAモードの液晶テレビへの採用が進んだ。

3.5 大型液晶テレビ製造のための配向膜の最適化

液晶テレビの大型化に伴い、LCD製造に使用されるガラス基板も大型化が図られた。ガラス基板のサイズは、2003年までは1.1m×1.2m程度であったが、2004年には1.5m×1.8m、2005年には1.9m×2.2m、2006年には2.2m×2.4mと、急激に大型化していった。配向膜をガラス基板上に塗布するには、一般にフレキソ印刷技術が使用されるが、わずか0.1μm程度の薄膜をガラス基板の面内に均一に印刷するためには、配向膜自身からの改善が必要となった。これに対して、ポリイミド中の「ステロイド骨格を有するジアミン」をポリマー中に、より均一に導入することが、大型基板での印刷性向上に非常に有効なことを見出した。これにより、「ステロイド骨格を有するジアミン」をポリイミド中に均一に導入することが可能となり、大型基板でも印刷性に優れた配向膜を開発した。

4 おわりに

液晶テレビは、地上波デジタル放送にマッチしたフラットパネルディスプレイとして、また従来のブラウン管テレビ対比1/3~1/4の大幅な低消費電力で駆動できる「Eco」家電製品として、今後益々市場の拡大が期待できる。

民間調査会社であるDisplay Search社の予測では、2012年には2008年対比面積比で1.8倍のLCD生産、2015年には2.3倍にまで拡大されるとの報告がある。LCD市場の中でも、特に大面積化の進む液晶テレビの伸び率は大きく、今後益々液晶テレビ用配向膜の重要性は高まると考えている。本技術をベースとし、今後液晶テレビの要求される、更なる高信頼性、高コントラスト、高速応答といった次世代液晶テレビに向けた技術を鋭意開発し、更なる技術の発展に寄与したいと考えている。

発表先

平成21年度日本化学会第90回春季年会 化学技術賞受賞講演

引用文献

- 1) M. Schadt, W. Helfrich: *Appl. Phys. Lett.*, **18**, 127 (1971).
- 2) Y. Yamaguchi, T. Miyashita, T. Uchida: *Tech. Dig. SID Symp.*, 277 (1993).
- 3) K. Ohmuro, S. Kataoka, T. Sasaki, Y. Koike: *Tech. Dig. SID Symp.*, 845 (1997).
- 4) K. Okano: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **22**, L343 (1983).
- 5) M. Gazardand, A. Zann, J. C. Dubois: *J. Appl. Phys.*, **47**, 1270 (1976).
- 6) H. Fukuro, S. Kobayashi: *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **163**, 157 (1988).
- 7) 阿部幸乃, 早川雅治, 村田鎮男, 高橋雅人, 荒川健司, 古川顕治: 第18回液晶討論会予稿集, (1992), p. 14.
- 8) H. Yokokura, M. Oh-e, K. Kondo, S. Oh-hara: *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **225**, 253 (1988).
- 9) M. Nishikawa, T. Miyamoto, S. Kawamura, Y. Tsuda, N. Bessho, D. S. Seo, Y. Iimura, S. Kobayashi: *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **258**, 285 (1995).
- 10) M. Nishikawa, Y. Yokoyama, N. Bessho, D. S. Seo, Y. Iimura, S. Kobayashi: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**, L810 (1994).