高コントラストフレキシブル反射型ディスプレイ用のねじれ VA 方式液晶の配向安定化

Improvement of Alignment Stability of Twisted-VA mode for High Contrast Flexible Reflective LCDs

東北大工　○久下 湧太郎，柴田 陽生，石鍋 隆宏，藤掛 英夫
Tohoku Univ.　○Yutaro Kuge, Yosei Shibata, Takahiro Ishinabe and Hideo Fujikake
E-mail: yutaro.kuge.s1@dc.tohoku.ac.jp

1. 背景

近年、大型のデジタルサイネージへの応用に向けて、低電力化が可能なフレキシブル反射型液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display: LCD) [1, 2]の実現が期待されている。現在、反射型液晶ディスプレイの表示方式として Mixed-mode Twist Nematic (MTN)方式 [3]や Vertical Alignment (VA) 方式が用いられているが、コントラスト比や白状態における色付き、視野角などの点で問題を有しており、大画面化に向けて反射型 LCD の高画質化が課題となっていた。この課題を解決するため、本研究では Fig. 1 に示す Twisted-Vertical Alignment (TVA)方式[4]を用いたフレキシブル反射型 LCD を提案した。TVA 方式は、印加電圧が OFF 時に垂直配向、ON 時にねじれ配向状態をとることから、高コントラスト比、広視野角、色づきの無い白状態を実現することが可能である。

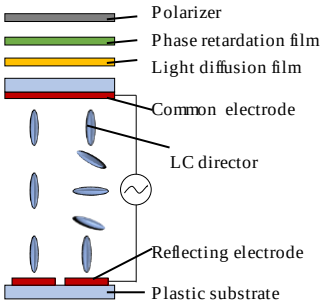

Fig. 1 Construction of reflective LCD with TVA mode.

しかし TVA モードは、画素のフリンジ電界を起点とした配向変化の伝播によって駆動することから、配向分布の制御が困難であり、画素内における反射率の均一性、および電圧印加時の応答に問題を有していた。本研究では、TVA 方式の配向安定化と高速化に向けて、TVA 方式の配向変化のメカニズムの解析と新しい配向制御方式の提案、およびその電気光学特性について検討したので報告する。

2. 実験

数値シミュレーションを用いて TVA 方式の配向分布および反射率分布の計算を行った。計算に用いた液晶材料の物理定数は弾性定数$K_{11} = 14.8$、$K_{22} = 8.8$、$K_{33} = 15.3$、誘電率$e_p = 3.6$、$e_s = 7.5$、屈折率$n_e = 1.6025$、$n_o = 1.4857$ であり、光の波長は 550 nm である。また、1 画素の電極の大きさは35 μm×35 μm、セル厚は2.7 μmとした。

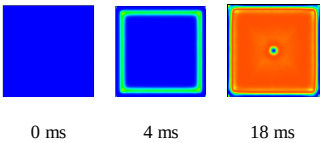

Fig. 2 Reflectance distribution of conventional TVA cell.

3. 結果・考察

従来の正方形画素電極を用いた TVA 方式における電圧印加時の画素面内の反射率分布の時間経過を Fig. 2 に示す。Fig. 2 から、配向状態の変化は画素端のフリンジ電界を起点とし、画素の外側から内側に向かって伝搬し、画素中央部に配向の欠陥点を形成することがわかる。この結果、応答時間は 13.5 ms と遅く、また、変化の過程において画素面内の反射率分布の均一性が低いことが分かる。この問題を解決するためには、配向変化の起点を画素端だけでなく画素面内全体に設けるとともに、画素中央に欠陥点を安定に形成することが必要でありこのためには液晶の配向を放射状とすることが必要である。そこで本研究では放射状の配向分布を実現するため、画素内にプレチルト方向が異なる 4 つのドメインを形成した TVA 方式を考案した。このような配向状態は、Fig. 3(a) および(b)に示すように光学マスクを用いた光配向処理、または四角錐の構造物を形成することで実現することができる。Fig. 4 に新方式における反射率分布の時間経過を示す。応答時間は 5.9 ms であり、画素面内における初期配向状態の制御により、反射率分布と応答時間の改善が可能であることを明らかにした。

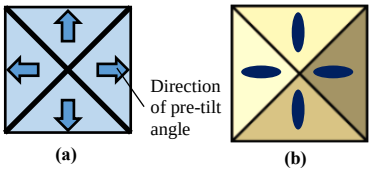

Fig. 3 Four domain TVA cell.
(a)Photo-alignment type
(b)Protrusion-alignment type

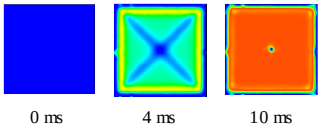

Fig. 4 Reflectance distribution of new TVA cell.

4. 結論

本研究では、高コントラスト比を有するフレキシブル反射型 LCD の実現に向けて TVA 方式の配向安定化について検討を行った。この結果、画素内にプレチルト方向が異なる 4 つのドメインを形成することで、TVA 方式の配向分布の均一性と応答時間の改善が可能であることを明らかにした。今後は、高画質化に向けた画素構造の最適化について検討する予定である。

謝辞

本研究は平成 27 年度放送文化基金「高画質で省電力な反射型フレキシブル液晶ディスプレイに関する研究」の研究助成により行った研究の一部である。

参考文献

[1] T. Ishinabe et al., J. SID, pp. 243-246 (1998).　[2] A. Sato et al., Proc. of IDW, pp.1399-1400 (2015).
[3] C.-L. Kuo et al., J. J. Appl. Phys., 36, pp. 1077-1080 (1997).
[4] S.-T.Wu et al, Reflective Liquid Crystal Displays, pp82-88 (2001)

© 2017年 応用物理学会