

フレネル型液晶光偏向素子の試作と、ビーム偏向効果

Manufacture and Beam Deflection Effect of Fresnel Liquid Crystal Deflector

阪大院工, °澁谷 義一, 山野 翔平, 吉田 浩之, 尾崎 雅則

Osaka Univ., °Giichi Shibuya, Shohei Yamano, Hiroyuki Yoshida, Masanori Ozaki

E-mail: gshibuya@opal.eei.eng.osaka-u.ac.jp

【緒言】 液晶を用いた光偏向素子は、印加電圧により偏向角を調整できるため、液晶レンズと共に新しい応用が期待されている。前回我々は、同素子にフレネル構造を適用して、液晶層厚 $30\ \mu\text{m}$ を変化させず偏向角を拡大することを試みた結果、平面ガラスのみで液晶層に鋸歯状の電位分布を形成することが可能になり、単位楕形電極のピッチを $0.5\ \text{mm}$ とすることで、小型カメラの手振れ補正に必要とされる偏向角 ± 0.6 度を達成できた。今回は、同ピッチを $0.333, 0.2\ \text{mm}$ に設定することで、出射ビームの偏向角 $\pm 0.8, \pm 1.3$ 度を達成し、性能の向上を確認できた。

【設計と試作】 有限要素法による電磁界解析を用いて最適化を行った、液晶偏向素子の楕形電極のモデルと、同電極に電圧を印加した状態の液晶層内の電位分布計算結果を Fig.1 に示す^[1]。異なる2種の電圧を印加する楕形電極を Fig.1 (a) のように配置し、同電極の下部には、 SiO_2 からなる層厚 $500\ \text{nm}$ の絶縁層、その下には、表面抵抗値 $100\ \text{M}\Omega/\square$ の高抵抗層 $250\ \text{nm}$ を配置している。ネマティック液晶層厚は $30\ \mu\text{m}$ とし、比誘電率は 3.8 で固定とした。液晶層の高抵抗層近傍における電位分布は、Fig.1 (b) に示すように、フレネル構造の実現に必要な鋸歯状の形状を持つ。

算出された結果に基づき、楕形電極パターンを持つ液晶セルを作製した。液晶材にはネマティック液晶 (Merck, 5CB, $\Delta n = 0.186$) を用い、液晶材料の接する部分には、ポリイミドから成る配向層を設け、略正方形の素子の対角線方向に、層の上下で反平行となるようにラビングを施した。

【実験と結果】 偏向角の評価は、液晶セルに光を入射し、セルから $1\ \text{m}$ 離れた場所に設置したスクリーンに結像した出射光の像の動きを測定することで算出した。駆動周波数は $1\ \text{kHz}$ で、顕微鏡観察に使用した帯域通過フィルタの透過波長は $568\ \text{nm}$ である。光源には白色の発光ダイオードを用い、直径 $105\ \mu\text{m}$ の光ファイバにてセルの入射部分に照射した。セルの出射部分には、透過軸をラビング方向と同一になるように、検光子を設置した。サンプルは楕形電極の長軸方向が鉛直方向となるように設置した。Figure 2(a)~(c) に、印加電圧 (V_1, V_2) [V_{rms}] を、それぞれ $(0.7, 0.7)$, $(1.4, 0.7)$, $(0.7, 1.4)$ とした時の、スクリーン上の出射光の像と、同一の駆動条件において観察された干渉縞の偏光顕微鏡写真を示す。(a) の印加電圧では液晶材の閾値電圧に満たないため、入射光は直進し、セルに干渉縞は現れないが、(b)(c) では、出射光の像は印加電圧の増加に伴って、水平方向にそれぞれ逆向きに移動し、初期位置から $17\ \text{mm}$ 離れた場所まで変位した。これは、電圧の極性を変化させることで、左右双方向に光が偏向されていることを示す。また、Fig.2 の出射光像からも確認できるように、偏向された光はわずかながら、元の位置に残像が残っている。残像の強度は、セルの位置を移動することで、その強弱が変化したため、セルの不均一性が主たる原因と判断しているが、回折光の成分も含まれており、現段階でその比率は判別できないが、できる限り低減することが、今後の課題である。なお、本研究は大阪大学フォトリソグラフィーセンターの支援を受けて行われた。

[1] G. Shibuya *et al.*, IDW15 LCTp6-4, 170-173 (2015)

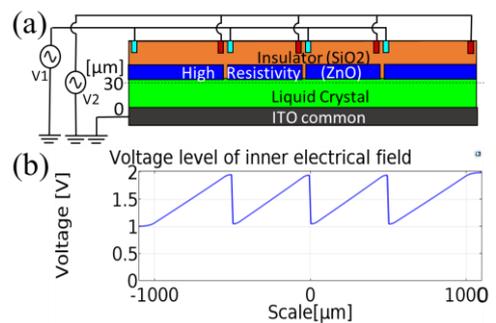


Fig.1 (a) Simulation model and device structure of LC deflector.

(b) Calculated potential on the top of LC.

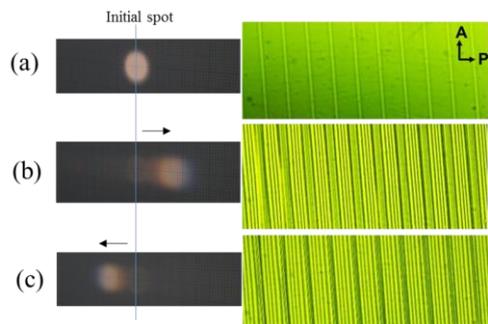


Fig.2 Observed beam spots on screen and interference fringes observed under each voltage application. (V_1, V_2) [V_{rms}]

(a) $(0.7, 0.7)$, (b) $(1.4, 0.7)$, (c) $(0.7, 1.4)$