

四角形状電極を有する液晶マイクロレンズアレイの 3次元液晶分子配向シミュレーション

Simulation of liquid-crystal molecular orientation
in an LC micro-lens array with tetragonally-patterned electrodes

秋田大院工¹, 液晶レンズ研究所² ◯河村 希典¹, 中村 剣登¹, 佐藤 進²

Akita Univ., LC-Lens Inst.² ◯Marenori Kawamura¹, Kento Nakamura¹, Susumu Sato²

E-mail: kawamura@gipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

四角形状電極を有する液晶マイクロレンズアレイ (LC-MLA) を提案し、二分割電極に電圧を印加した場合の光学位相差分布特性及び偏向角を求めた結果について報告^{1,2)}してきたが、二分割の電極方向に対して湾曲するような干渉縞が見られた。この現象に関連して、本研究は LC-MLA の 3次元有限差分法による液晶分子配向のシミュレーションを行い、四角形電極領域内の液晶分子のティルト角、ツイスト角及び光学位相差分布について計算を行った結果について報告する。

2. 四角形状電極を有する液晶マイクロレンズアレイ

二分割四角形状電極を有する LC-MLA の計算モデルを図 1 に示す。四角形状電極はスリットにより左右に二分割されており、開口部を $300\mu\text{m}$ としている。開口部電極幅と二分割電極間のスリット幅をそれぞれ $50\mu\text{m}$, $40\mu\text{m}$ とし、液晶層と四角形状電極アレイ間に透明ポリマー絶縁膜 ($5\mu\text{m}$ 厚) を積層している。x-y-z 座標系において、液晶層における上下基板の配向膜表面のプレティルト角 θ_1 及び θ_2 を $178^\circ(-2^\circ)$, ツイスト角 ϕ_1 及び ϕ_2 を 89.9° , 90.0° とした。液晶層厚を $110\mu\text{m}$ とし、液晶材料 (DIC 株, RDP-85475) の弾性定数 (k_{11} , k_{22} , k_{33}), 誘電率 (ϵ_1 , ϵ_2), 屈折率 (n_e , n_o) と光の波長 (λ) を用いて有限差分法により液晶分子配向及び光学位相差の数値計算を行った。

3. 実験・計算結果及び考察

LC-MLA²⁾ の二分割四角形状電極に印加する電圧 (周波数: 1kHz) を $V_L = 0\text{V}$ 及び $V_R = 1.5\text{V}$ とし、偏光顕微鏡 ($\lambda = 532\text{nm}$) を用いてクロスニコル状態で LC-MLA の干渉縞を観察した結果を図 2 に示す。低電圧側に干渉縞が偏るだけでなく、開口部内側の干渉縞が歪む現象が見られた。

LC-MLA の四角形状電極の開口部に液晶分子配向のシミュレーションを行い、液晶層のバルク中央付近 ($z = 55\mu\text{m}$) の x-y 面内におけるティルト角及びツイスト角、光学位相差 ($\Delta n \cdot d / \lambda$; Δn : 複屈折, d : 液晶層厚, λ : 波長) について求めた結果を図 3 (a) ~ (c) に示す。電圧 $V_R = 1.5\text{V}$ を加えた電極付近での液晶分子のティルト角の変化が大きく、特に $y = 0\mu\text{m}$ を境界として、y 軸方向に対して非対称性を示した [図 3 (a)]。また、左側の電極に印加する電圧が $V_L = 0\text{V}$ にも関わらず、電極直下 $x = -200\mu\text{m} \sim -180\mu\text{m}$ 付近のティルト角が大きいのは、周期電極アレイ構造をなす隣接の電極に印加する電圧 (1.5V) によるものと思われる。図 3 (b) に示すように、上側のスリット電極間 ($x = 0\mu\text{m}$, $y = 150\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ 付近) のツイスト角が下側のスリット電極間 ($x = 0\mu\text{m}$, $y = -200\mu\text{m} \sim -150\mu\text{m}$ 付近) のツイスト角よりも大きく、開口内でのツイスト角がほぼ同程度であるが、 $x = 40\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 付近でのツイスト角がわずかに増加する傾向が見られた。図 3 (c) に示した光学位相差分布では、右側の電極付近で等高線が密になり、右側に湾曲する傾向が得られ、図 2 に示した干渉縞写真と同様の結果が得られた。

謝辞 本研究の一部は平成 26 年度科学研究費基盤研究 (C) (課題番号 26420294) の助成を得て行われた。液晶材料を提供して頂きました DIC (株) に感謝いたします。

1) M. Kawamura, K. Nakamura, and S. Sato: Opt. Express **21** (2013) 26520.

2) 中村, 河村, 佐藤: 第 75 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 17p-C7-9 (2014).

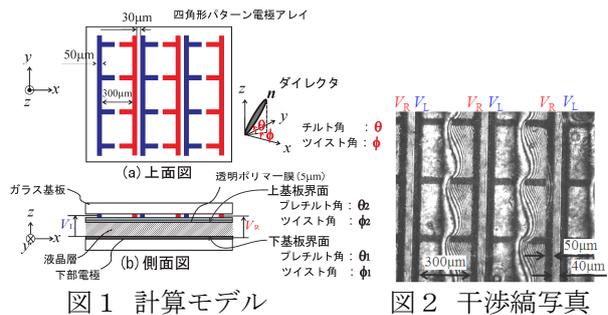
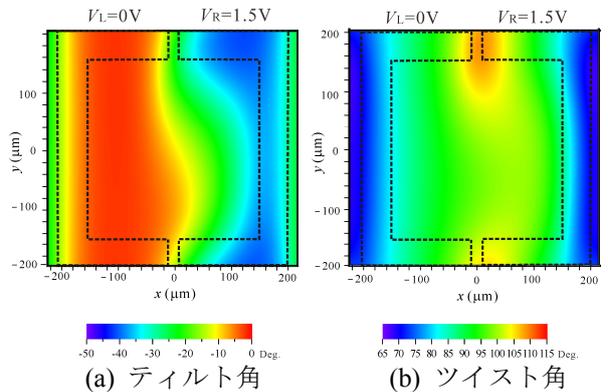


図 1 計算モデル

図 2 干渉縞写真



(a) ティルト角

(b) ツイスト角

(c) 光学位相差分布

図 3 シミュレーション計算結果