

液晶マイクロフレネルゾーンプレートによる 集光スポット位置の精密制御

Fine Position Control of Focal Spot using Liquid Crystal Micro Fresnel Zone Plate

阪大院工 °(D2)塚本 脩仁, 尾崎 雅則

Osaka Univ., °Yuji Tsukamoto, Masanori Ozaki

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

【緒言】 液晶レンズは機械駆動部なしに焦点距離を調節できる特徴を有するため、主に眼科光学 (ophthalmic optics) 分野への応用が期待されてきたが[1,2]、一方で、光ピンセット効果を利用し、マイクロ粒子やマイクロロボットをダイナミックに制御できるコンパクトな光学素子としても注目を集めており[3,4]、集光スポットの制御性に優れた素子構造を実現するための液晶配向制御に関する研究が報告されている。本研究では、パターン電極およびロールラビングのような物理的配向プロセスを必要としない液晶マイクロフレネルゾーンプレート (liquid crystal micro Fresnel zone plate, LC-MFZP) を開発し、その電気光学特性を評価した。

【実験】 透明電極 (Indium-thin oxide, ITO) 基板にフォトレジスト (東京応化工業, OFPR-800 LB) を製膜し、フォトリソグラフィ法によりフレネルゾーンを形成した。ITO が露出している面に、垂直配向に液晶を誘起するシランカップリング剤 (東京化成工業, octadecyltrimethoxysilane) を気相蒸着し、剥離液 (東京応化工業, 剥離液 106) でレジスト膜のみを除去した。基板に光配向剤 (DIC, LIA-03) を製膜し、直線偏光の紫外線を基板に対し垂直に照射し、一様な水平配向を誘起した。全面にシランカップリング剤を製膜した対向基板に用いてサンドイッチ型セルを作製し、ネマティック液晶 (LCC, E7) を封入した。素子に直線偏光を入射し、その回折挙動を観察した。

【結果】 図 1 に作製素子の偏光顕微鏡像を示す。垂直配向と水平配向が明瞭に分割した直径 350 μm 以下のフレネルゾーンプレートを実現できた。図 2 に焦点距離の波長依存性を示す。波長 480 nm から 632 nm までに集光スポット位置を 1600 μm 変調できた。

【考察】 LC-MFZP が持つ波長別の集光スポットの光強度を電気的に変調することで、集光スポット位置をマイクロオーダーで精密に制御できることを明らかにした。さらに、素子へ入射する直線偏光方向に依存して回折強度を変調でき、ねじれネマティック (twisted nematic, TN) 液晶素子と組み合わせることで集光と非集光状態を明確にスイッチングできることを実証した。

【謝辞】 本研究は科研費 (JP20H00391, JP21K18722) 及び JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業 (JPMJFS2125) の支援を受けた。

【参考文献】 [1] G. Shibuya, *et al.*, *Ekisho*, **23**, 2 (2019), [2] A. Jamali, *et al.*, *Opt. Express*, **28**, 23 (2020), [3] M. Kawamura, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **44**, 8 (2005), [4] P. Hands, *et al.*, *Opt. Express*, **14**, 4525 (2006)

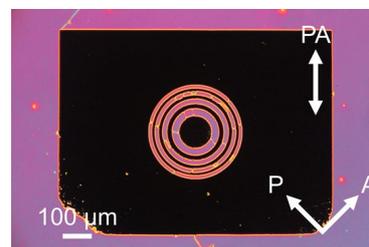


Fig. 1. The polarized microscope image of the fabricated sample. (PA: photo-alignment direction, P and A: the axes of polarizer and analyzer)

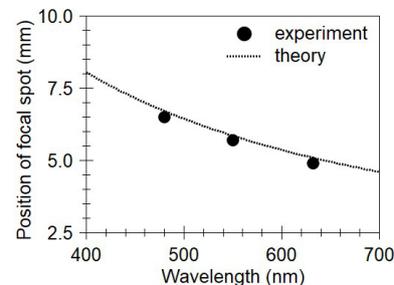


Fig. 2. Position of focal spots as a function of incident wavelength.