

超音波型液晶レンズの光学特性評価

Optical characteristics of a liquid crystal lens using ultrasonic vibration

○(M1) 福井 鞠奈¹, 小山 大介^{1*}, 江本 顕雄¹, 中村 健太郎², 松川真美¹

Doshisha Univ.¹, Tokyo Tech.², ○Marina Fukui¹, Daisuke Koyama¹, Akira Emoto¹,

Kentaro Nakamura² and Mami Matsukawa¹

*E-mail: dkoyama@mail.doshisha.ac.jp

1 はじめに

液晶は固体結晶の異方性と液体の流動性を併せ持つ。外部電界によってその分子配向を制御するためには、酸化インジウムスズ (ITO) 製透明電極が用いられるが、レアメタルを含み、成膜工程が複雑で、曲げ性に弱い等の問題点を持つ。著者らは、超音波の放射力により液晶の分子配向を制御する超音波型液晶デバイスの開発を行っている。本報告では可変焦点液晶レンズの光学特性について報告する。

2 実験方法

超音波による液晶配向技術^[1]を利用した、液晶可変焦点レンズを試作した (Fig. 1)。厚さ 0.7 mm の 2 枚の円形ガラス基板 ((a) $\phi = 15$ mm, (b) 30 mm) 表面にポリイミド製配向膜を成膜し、液晶を垂直配向させ、基板間に nematic 液晶層 (厚さ 25, 50, 100 μm) を形成した。ガラス基板(b)の外周に厚さ 1 mm のアニュラ型超音波圧電素子 (PZT) を接着した。

光学顕微鏡の対物レンズとターゲット間に液晶レンズと偏光板を挿入し、単ニコル観察によって焦点位置を評価した。また、複屈折プロファイラー^[2]により 2 次元複屈折分布を測定した。

3 実験結果と考察

Fig. 2 は液晶層厚さ 50 μm での共振周波数 (63.9 kHz) における観察画像を示しており、超音波駆動により焦点位置が変化することが分かる。また、駆動電圧の増加に伴い焦点距離は短くなった (Fig. 3)。電圧増加に伴い複屈折が増加することから、超音波駆動により液晶分子の光学特性を制御できた。これは、基板上に励起された超音波たわみ定在波が、液晶層、ガラス基板、周囲媒質間に音響エネルギー密度差による静圧をもたらし、液晶の分子配向を変化するためであると考えられる。

液晶層厚さを増加することで焦点変化効率の増加が期待できる一方、光散乱効果による透過率低下がみられた。配向膜による液晶分子に働く強制力は、配向膜と液晶分子の距離に反比例するため、液晶層厚さの増加は液晶分子のランダム配向を生じさせ、光散乱を引き起こす。単位電圧当たりの焦点距離変化幅を比較した場合、液晶層厚さ 50 μm ($f = 63.8$ kHz) の変化幅を 1 とすると、厚さ 100 μm ($f = 28.9$ kHz)

では 0.22, 100 μm ($f = 63.9$ kHz) では 0.01 となり、50 μm ($f = 63.8$ kHz) が今回最もレンズパワーが大きい条件となった。

上記の超音波型液晶レンズの光学特性評価より、可変焦点液晶光学レンズに適した液晶厚さの傾向が明らかとなった。

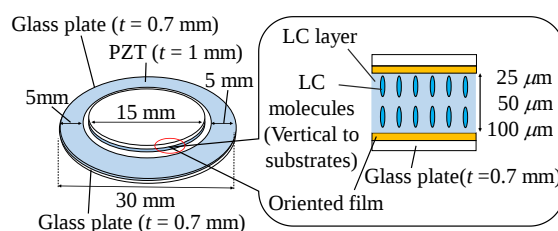


Fig. 1 Configuration of the liquid crystal lens.
(a) (b)

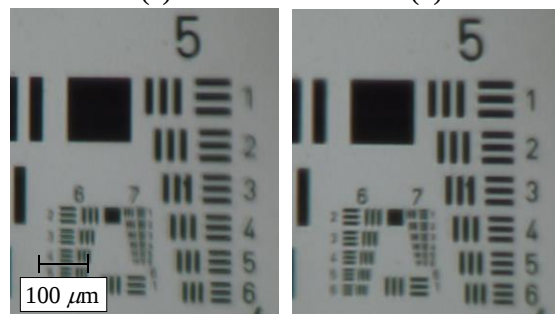


Fig. 2 Optical images (a) without, and (b) with ultrasound excitation at the resonance frequency of 63.9 kHz with 4.5 V_{pp} (50 μm).

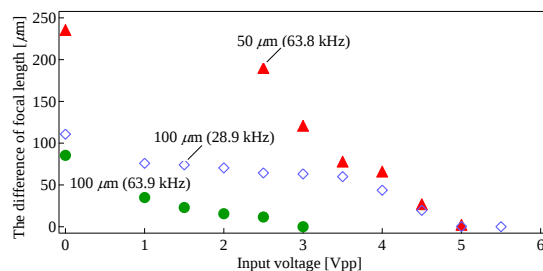


Fig. 3 Relationships between the input voltage and the focal length at resonance frequencies.

参考文献

- [1] S. Taniguchi, et. al. Appl. Phys. Lett. **108** (2016) 101103.
- [2] 小川拓真等, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 20p – C303 – 2.