

Optics & Photonics Japan 2017に参加して

藤原 淳貴

Junki FUJIWARA

電子情報学専攻修士課程 2017年度修了

1. はじめに

私は、2017年10月30日～11月2日に筑波大学東京キャンパス文京校舎で開催された「Optics & Photonics Japan 2017」に参加し、11月1日に「コレステリック液晶の薄膜化による偏光特性の解消」というテーマで発表を行った。

2. 研究背景

屈折率変化は光制御の重要な手段であり、低い電圧で大きな屈折率変化を誘起できる液晶は、ディスプレイを始め多くの光デバイスに利用されている。しかし、液晶デバイスには偏光依存性があるため、通常偏光子が必要となり、光の利用効率が半減するという問題がある。コレステリック液晶中を通る光はカイラル構造に沿って偏光面を回転させるが、波長の長い赤外線は微小な分子配向分布を認識できないため、当方的な屈折率を感受する。これによって偏光に依存しないデバイスを作製できるものの、短波長側では偏光面の回転の影響が残留し、再配向過程での散乱も問題となる。本研究では、液晶層の厚さを変えることでこれらの問題の解決を試みた。

3. 実験結果

ピッチが4.8 μm 、常光・異常光屈折率が $n_o = 1.52$ 、 $n_e = 1.76$ のコレステリック液晶を用いて資料を作製した。配向膜をつけてないシリコン (Si) 基板で液晶を挟み、Fig. 1 (a) に示すような Fabry-Perot 型フィルタを構成すると、領域ごとにランダムに配向した相となり、 n_e と n_o の中間の屈折率を示した。そして電圧を印加すると、Fig. 1 (b) のように再配向して屈折率は n_o となった。透過率測定

は赤外分光高度計を用いて行い、偏光状態を評価する際は Fig. 1 (c) のように試料の両端に偏光子を置いた。Fig. 2 (a) は、ランダム偏光の光で測定した透過スペクトルである。電圧を0 V (黒線) から30 V (灰色線) まで上昇させると干渉ピークが短波長へと移動し、屈折率が低下する。しかし、再配向過程の20 V (破線) において、散乱のため透過率が低下した。資料の両側に偏光子を置いて測定すると、Fig. 2 (b) のように短波長になるほど旋光性が顕著に現れた。このように20 μm の資料では、Fig. 2 (c) に示す屈折率変化が得られたものの、散乱や旋光の影響が残留していた。そこで次に、厚さを約3 μm にした試料を作製して実験を行った。Fig. 3 (a) の黒線と灰色線は、試料の手前にだけ偏光子を置き、地面に対して平行または垂直な直線偏光の光を入射させたときの透過スペクトルである。両者は重なっており、偏光に依存しない干渉機能を得られている。電圧を加えると、Fig. 3 (b)、3 (c) のように干渉ピークがしだいに短波長へと移動したが、その過程で透過率が低下することはなかった。また、試料の後方にも偏光子を置いて測定した結果は Fig. 3 (d)、3 (e) のようになり、偏光状態を保ったまま光が通過していることが分かった。Fig. 3 (c) の点線は、液晶の再配向で屈折率 n が $n_o = 1.52$ となっていると考え、ピーク波長 $2nd/m$ ($m = 1, 2, 3, \dots$) が実験値と一致するように厚さ d を2.9 μm と仮定して描いた曲線である。この厚さを用いて Fig. 3 (b) でもフィッティングを行うと屈折率は1.55となり、Fig. 3 (a) では1.61となった。この

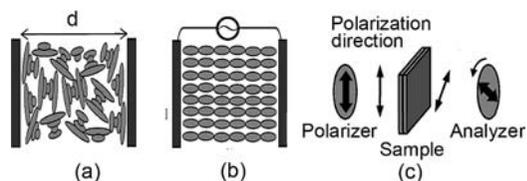


Fig. 1 (a) Random domain texture of the cholesteric LC (thickness d) between two Si plates. (b) Homeotropic phase during a voltage application process. (c) Optical setup for the chirality evaluation.

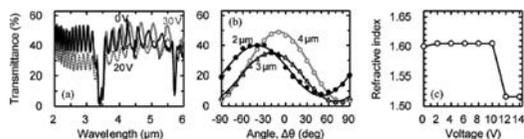


Fig. 2 (a) Transmission spectra of the thick LC cell ($\sim 20 \mu\text{m}$ thickness). The numerals beside the spectra denote the applied voltage (amplitude of the 1 kHz signal). (b) Polarization state of the output beam that was evaluated by the setup shown in Fig. 1 (c). The numerals beside the curves denote the measurement wavelength. (c) Refractive indices of the LC that were evaluated by the peak wavelength fitting.

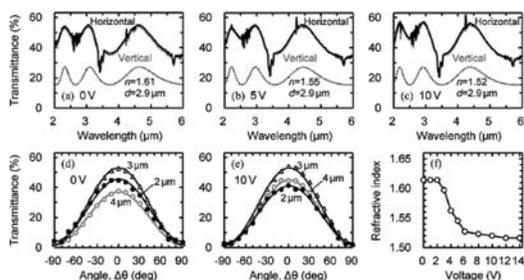


Fig. 3 (a)-(c) Transmission spectra of the LC cell with a reduced thickness ($\sim 3 \mu\text{m}$). The applied voltage is shown in the figures. The black and gray lines (overlapping) show the spectra for the horizontal or vertical polarization (with respect to the ground), respectively. The dotted lines show the peak wavelengths that were calculated by assuming suitable index (n) and thickness (d). (d), (e) The polarization states of the output beam that were measured before and during the voltage application process. (f) Refractive indices that were evaluated by fitting the theoretical curves (the dotted lines) to the measured spectra.

ようにして各電圧で評価した屈折率を Fig. 3 (f) に示しており、1.52 と 1.61 の間で制御できることが分かる。

4. まとめ

コレステリック液晶を $3 \mu\text{m}$ の間隙に入れることにより、波長 $2 \mu\text{m}$ 以上の赤外域で偏光に依存しない透過特性が得られ、 10V 以下の電圧で屈折率が 1.52 から 1.61 まで変化することを示した。可視光域と比べて光源や偏光子の性能が劣る赤外域において偏光子不要のデバイスは有用であり、この液晶の利用が期待される。

5. おわりに

参加者の方々とディスカッションすることができ、また多くの質問や意見をいただき、非常に良い経験ができた。

今回の発表を行うにあたって、懇切なご指導をいただいた齊藤光徳教授をはじめ、齊藤研究室の皆様、この場を借りて厚く御礼申し上げます。