

PHOTOPTICS 2017 に参加して

藤原 淳貴

Junki FUJIWARA

電子情報学専攻修士課程 2年

1. はじめに

私は、2017年2月27～3月1日にポルトガル、ポルトの Holiday Inn port Gaia 開催された「PHOTOPTICS 2017」に参加し、1日に「Reduction of Optical Rotation and Scattering in a Cholesteric Liquid Crystal Layer」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。しかしながら、液晶デバイスには偏光依存性があるため、通常は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。本研究ではコレステリック液晶を用いることで偏光依存性のない屈折率制御が可能になると考え、その効果が顕著になる赤外線波長域で実験を行うため、シリコン基板を用いた Fabry-Perot 干渉フィルタを作製し透過特性を評価した。

3. 実験結果

コレステリック液晶は、Fig. 1 (a) のように分子が周期 (カイラルピッチ) p で1回転する構造を持つので、光が進行するにつれて偏光方向が回転する。しかし周期が短い場合、長波長の赤外線は微細構造を認識できないため、旋光が起こらない。この液晶を Fig. 1 (b) のように配向処理していない基板で挟むと、Fig. 2 (a) のように回転軸がランダムな方向を向いたドメイン構造が生じる。このとき、屈折率は偏光方向に依らず、常光と異常光の n_o , n_e を重みづけ平均した値 $n_R = \sqrt{(2n_o^2 + n_e^2)/3}$ となる。電圧を加えるとドメイン構造が崩れ、Fig. 2 (b) の

ようなフィンガープリント構造を経て、Fig. 1 (c) のような平均な分子配向となる。Fig. 2 (c) は直交した偏光子の間に試料を挟んで撮影したが、可視光域でも偏光回転がなくなるため暗くなっている。この状態では屈折率が n_o となるので電圧印加によって偏光に依存しない屈折率制御が可能となる。

今回の実験では、周期と基板間隔が散乱や旋光に与える影響を調べるため、 $p=4.8\ \mu\text{m}$ と $1.5\ \mu\text{m}$ の2種類の液晶 (JNC, JD-1036) を様々な基板間隔の Fabry-Perot フィルタに封入し比較した。Fig. 3 は、 $p=4.8\ \mu\text{m}$ 、基板間隔 $d=20\ \mu\text{m}$ を組み合わせたサンプルの透過スペクトルである。Fig. 3 (a) に示すように 30 V 印加するとピークが 0 V 時よりも短波長にシフトし、電圧印加により屈折率が変化したことがわかる。また、Fig. 3 (b) に示すように、再配向過程で散乱の影響を受け透過率が低減する。旋光性の評価は Fig. 4 (a) のような光学系を用いる。左から光を入射して1枚目の偏光板で直線偏光を取り出す。2枚目の偏光板は回転できるようになっており、セルを透過した直線偏光が液晶層による旋光の影響を受けなければ、 $\Delta\theta=0^\circ$ の時に最高透過率を示す。今回のサンプルでは、Fig. 4 (b, c) に示すように、0 V 時に 30° ずれているので液晶層の中で偏光方向回転することがわかる。 $p=1.5\ \mu\text{m}$ の液晶に変更し、同様の実験を行うと Fig. 5 に示すように再配向過程の散乱の問題が残り、さらに再配向に 100 V もの高電圧が必要になることがわかる。 $p=4.8\ \mu\text{m}$, $d=3\ \mu\text{m}$ の組合せのサンプルを作製し、同様の実験を行った結果を Fig. 6 に示す。Fig. 6 (a, b) のどのスペクトルも散乱の影響を受けずに干渉ピークが短波長側にシフトしている。さらに、Fig. 6 (c, d) に示すように、旋光性も改善することができた。

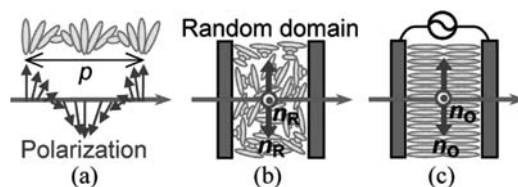


Fig. 1 Molecular orientation of cholesteric LC.

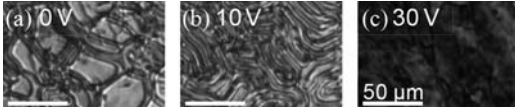


Fig. 2 Polarized microscopic images of the LC.

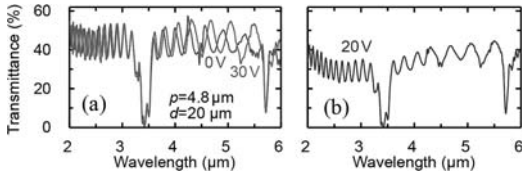


Fig. 3 Optical properties of the LC with $p=4.8 \mu\text{m}$ and $d=20 \mu\text{m}$ (a) 0 and 30 V (b) 20 V.

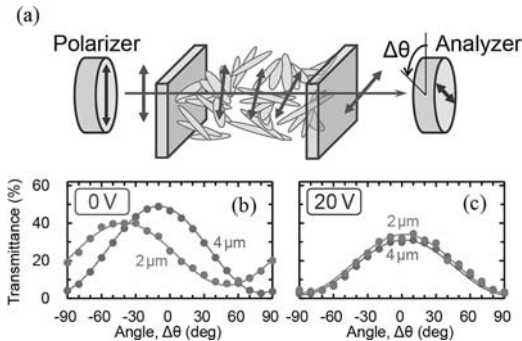


Fig. 4 (a) Optical system to evaluate optical rotation. (b, c) Transmittance change by the rotation ($\Delta\theta$) of the analyzer. Measurements were conducted at 0 and 20 V.

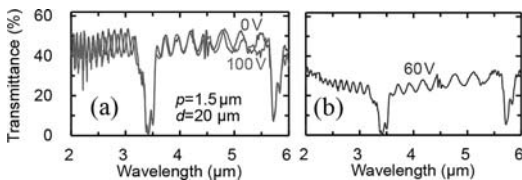


Fig. 5 Optical properties of the LC with $p=1.5 \mu\text{m}$ and $d=20 \mu\text{m}$ (a) 0 and 100 V (b) 60 V.

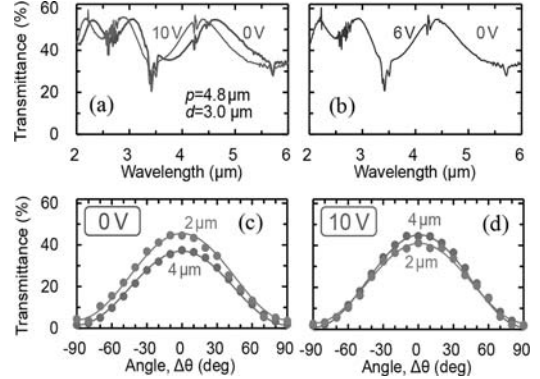


Fig. 6 Optical properties of the LC with $p=4.8 \mu\text{m}$ and $d=3.0 \mu\text{m}$ (a) 0 and 10 V (b) 6 V. Transmittance change by rotation ($\Delta\theta$) of the analyzer. Measurements were conducted at 0 and 10 V.

4. まとめ

赤外域では可視域のように高性能・低価格の偏光子がなく、強いランプ光源も存在しないので、偏光子なしで動作する液晶デバイスを実現することは極めて重要である。今回は干渉フィルタについて実験を行ったが、この特性は位相制御や光スイッチングなどにも利用できる、また、実験では $1.5 \mu\text{m}$ 付近でも偏光に依存しない干渉スペクトルが現れているので、この技術は通信波長帯でも有効と考えられる。

5. おわりに

不慣れな英語で聞き取れないことが多かったが、国際会議の雰囲気が味わえて良い経験になった。

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。