

## コレステリック液晶による 偏光に依存しない屈折率制御

市川 優勝  
Masakatsu ICHIKAWA  
電子情報学科 2018 年度卒業

### 1. はじめに

私は、2018 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 2018」に参加し、1 日に「コレステリック液晶による偏光に依存しない屈折率制御」というテーマで発表を行った。

### 2. 研究背景

液晶の電界配向を利用すると波長可変の Fabry-Perot 型干渉フィルタを作製できるが、図 1 (a) のように平行に配列した通常のネマティック液晶では偏光依存性が生じ、図 1 (b) のように電圧印加によって再配向させても異常光 (V 偏光) にしかスペクトル変化が生じない。一方、コレステリック液晶を配向膜の付いた基板で挟むと、図 1 (c) のようにカイラルピッチ  $p$  のねじれ構造が現れるが、配向処理していない基板で挟むと、図 1 (d) のようなランダムに配向したドメイン構造が現れる。この微細構造は波長の長い赤外線に対して平均的な屈折率を示し、電圧印加時は図 1 (b) のように再配向するため、偏光依存性のない波長可変フィルタを構成できる。本研究では、この偏光に依存しない特性がどの程度短い波長まで現れるか調べるため、シリコン (Si) 板または導電性膜付きガラス板で液晶セルを作製し、可視・近赤外域で測定を行った。

### 3. 実験結果

カイラルピッチ  $4.8 \mu\text{m}$ 、常光・異常光屈折率  $n_o = 1.516$ 、 $n_e = 1.760$  のコレステリック液晶 (JNC, JD-1036 LA) を用いて測定を行った。基板として用いたガラス板上の導電性膜 (ITO) は  $1 \mu\text{m}$  帯の赤外

光を吸収するため、赤外域では導電性のある Si 板を用いた。これらの板には配向膜を付けず、スペーサを介して 2 枚の板を接着し、その隙間に液晶を注入した。作製した試料の光透過特性は、グラントムソンプリズム偏光子で直線偏光にしたハロゲンランプ光をプローブ光とし (地面に平行か垂直かで H 偏光または V 偏光と表記)、光スペクトラムアナライザを用いて測定した。電圧は周波数  $1 \text{ kHz}$  の信号発生器を用いて印加し、オシロスコープで観測してピーク電圧を  $0 \sim 15 \text{ V}$  の範囲で調整した。近赤外域で測定した偏光ごとの透過スペクトルを、図 2 に黒線と灰色線で示す (重なっている)。Si のバンド間吸収と表面反射のため、 $1.1 \mu\text{m}$  以上の波長帯でのみ最高  $50\%$  程度の透過が見られ、液晶層による干渉ピークが現れる。電圧を印加すると干渉ピークが短波長側に移動するが、どの電圧においても 2 つの偏光で測定したスペクトルは重なっており、偏光に依存しない波長可変フィルタとなっていることが分かる。また、 $5 \text{ V}$  付近の電圧では透過率が全体的に低下しており、液晶が図 1 (b) の状態へと再配向する過程で散乱が生じると推定される。

図 3 はガラス基板の試料で測定した短波長域の透過率であり、ITO 膜の吸収で右下がりのスペクトルとなっている。 $0.8 \mu\text{m}$  以上の赤外波長帯で干渉ビ

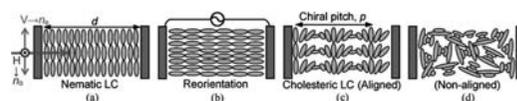


図 1 (a) ネマティック液晶の配向方向。偏光方向は地面に対して水平方向 (H)、垂直方向 (V)。 (b) 電圧印加中のネマティック液晶の再配向状態。 (c) 配向処理をしたコレステリック液晶。 (d) 無配向のコレステリック液晶のランダムドメイン状態。

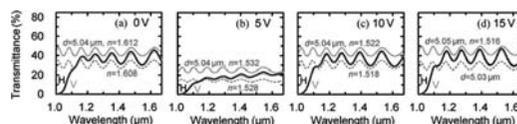


図 2 Si 基板を用いた液晶サンプルの透過スペクトル。電圧を  $0 \text{ V} \sim 15 \text{ V}$  まで印加した。

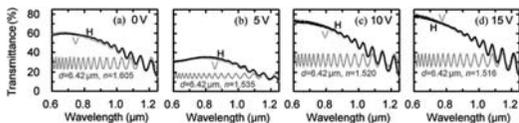


図3 ITO基板を用いた液晶サンプルの透過スペクトル。電圧を0V~15Vまで印加した。

ークが見られるが、可視光帯ではピーク間隔 (Free spectral range) が狭くなるため、干渉パラメータ (液晶層の厚さ、入射光の角度や波長幅) のばらつきでピークが消滅している。これらのスペクトルにおいても偏光依存性は見られず、液晶は等方的な屈折率を示している。電圧を10V以上にしても干渉ピークの移動が見られなかったことから、15Vでは図1(b)の配向状態となり、屈折率が $n_o=1.516$ になっていると推定される。図2(d)の破線と点線は、液晶層の厚さ $d$ を5.03または5.05 $\mu\text{m}$ と仮定して算出した干渉スペクトルであり (高さは任意に設定)、実測スペクトルの凹凸と一致することから、厚さを $5.04 \pm 0.01 \mu\text{m}$ と評価できる。この値を用い、屈折率の値を適当に仮定してフィッティングを行った結果が、図2(a)~2(c)の破線と点線である。0Vでは1.61程度となっており、ランダムな配向を想定して有効媒質理論で算出される屈折率とほぼ一致する。同様の屈折率評価を図3の試料な

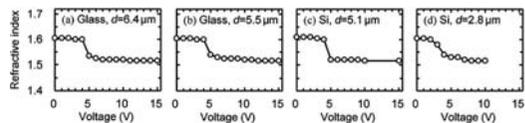


図4 屈折率の電圧依存性。

ども行った結果を図4に示す。3~5Vの電圧で $\Delta n=0.1$ 程度の屈折率変化が偏光に依らず生じることが分かる。

#### 4. まとめ

ピッチ4.8 $\mu\text{m}$ のコレステリック液晶を配向処理せずに基板間に挟むと、1 $\mu\text{m}$ 近辺の波長域でも偏光に依存しない屈折率変化が見られた。光通信波長帯でも偏光子不要の液晶デバイスを構成できると期待される。

#### 5. おわりに

今回、初めて学会に参加し、他の参加者の方々の発表を聞くことができ、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斉藤光徳教授をはじめ、斉藤研究室の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。