

平成 30 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14062

研究課題名(和文) 反射色の自在制御が可能な電場応答性ソフトマテリアルの開発

研究課題名(英文) Responsive soft materials that can change their reflection colors with electrical stimuli

研究代表者

伊藤 喜光 (ITO, Yoshimitsu)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・講師

研究者番号：00531071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：液晶ディスプレイはバックライトを必要とすることから消費電力が高いことで知られている。一方環境光を反射することで発色する反射型ディスプレイはバックライトを必要としないことからディスプレイデバイスの省電力化に貢献すると考えられている。そのようなディスプレイデバイスに用いる材料としてコレステリック液晶が知られている。本研究では、コレステリック液晶が示す反射色を電気的に変化させることのできる新しい添加剤(ドーパント)を開発した。本ドーパントを用いる事で変化した色をメモリー出来るデバイスや、低電圧かつ高速に色変化を実現できるデバイスの開発に成功した。

研究成果の概要(英文)：Liquid crystalline displays are known to have high power consumption rate. Reflective displays are expected to overcome this issue as they utilize environmental light rather than backlight. Cholesteric liquid crystals are one of the strong candidate to be applied for reflective displays. In this research, we have developed new type of dopants for cholesteric liquid crystals that can realize the electrical modulation of the reflection color. By using these dopants, we have succeeded in developing a device whose modulated color can be memorized, and a device that can be driven quickly by low voltage.

研究分野：材料化学

キーワード：コレステリック液晶 キラルドーパント 反射型ディスプレイ 電子ペーパー

1. 研究開始当初の背景

電子ペーパーとは、紙と同様の表示機能、即ち環境光からの選択的反射による発色、入力信号なしでの表示の持続、を電子的に実現することを目的とした新しいディスプレイである。液晶ディスプレイと比較してバックライトが不要な点や、書き換え時にしか電力を消費しないという点から、低電力駆動が可能であるため、次世代のディスプレイとして電子書籍や電子看板などへの広い普及が期待されている。しかしながら、市場に出回っている電子ペーパーは全て白黒表示であり、情報量の圧倒的な少なさは否めない。

2. 研究の目的

本研究では、電場応答性コレステリック液晶材料を新たに開発することでこの問題に挑戦する。コレステリック液晶は緩やかにらせん状にねじれながら集合化し、可視光の波長と同程度のピッチを持ったらせん構造を内部に有している液晶である。そのため、環境光の中かららせんピッチに応じた長さの光を選択的に反射することが可能である。この性質は選択反射と呼ばれ、色素ではなく物質の構造に由来する色であるため、構造色とも呼ばれる。コレステリック液晶はキラリティーを持たないネマチック棒状液晶分子にキララな添加物(キラルドーパント)を導入することによって形成出来る事が知られており、反射色、即ちらせんピッチはドーパントのらせんを誘起する力(らせん誘起力、HTP)と濃度に反比例することが知られている。本研究では、キラルドーパントの HTP 及び濃度を、電場を利用して変化させることでコレステリック液晶が持つ選択反射を制御させる方法論を開発することが目的である(図1)。この研究を通じて新しいフルカラー電子ペーパーの動作原理へとつなげることを目標としている。

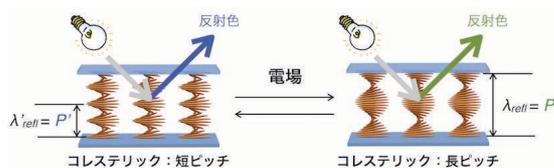


図1 コレステリック液晶の電場制御

3. 研究の方法

本研究目的を達成するために鍵となるのが、電場応答性キラルドーパントの開発である。分子デザインとしては、高いらせん誘起力を有することで知られるビナフチル骨格を基本とし、それに対してイオンや酸化還元活性を有する官能基を付与し、新規キラルドーパントをデザインしていく。キラルドーパントはその構造によってらせん誘起力が大きく異なるので、合成の都度くさび形セルを利用してその評価を行う。最も気を付けな

ければならないのはホスト液晶に対する溶解度で、仮にらせん誘起力が高くても溶解度が十分でない場合は可視光領域を反射するまでらせんピッチを短くすることはできない。その場合は、補助的に溶解度の高い別のドーパントを加え、可視領域の光を反射させるだけのらせんピッチを実現する。

4. 研究成果

(1) 電場応答性イオン性キラルドーパントによる反射色変化とメモリー

本項目では、イオン性をもつキラルドーパントを開発した。本ドーパントを含むコレステリック液晶を、透明電極(ITO)をコートしたガラス基板ではさむと青色の反射色を示す。そこに電圧を印加すると、イオン性のキラルドーパントは電気泳動析出により電極表面上に析出する(図2)。析出すると液晶内のドーパントの実効濃度が低下するので、反射色は長波長側にシフトする。重要なポイントは、一端析出したドーパントは加熱をしない限り再溶解しない、という点である。即ち、一端変化した色は、長時間メモリーされるということである。電場で変化した反射色をメモリーできる液晶材料はこれが初めてである。

色のメモリーは反射型ディスプレイの一種である電子ペーパーのフルカラー化にとって非常に重要な性質である。電子ペーパーとは、書換時にしか電力を消費しない省電力型ディスプレイである。しかしながら、市場に出回っている電子ペーパーはほぼ全てモノクロ表示であり、フルカラー化に向けた取組が現在なされている。しかしながら、変化した色を保持できるような適切な材料が見つかっていないのが現状である。本研究成果は、電子ペーパーのフルカラー化のための新しい駆動原理を提唱するものである。

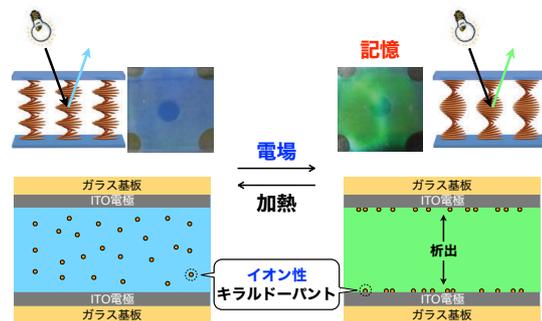


図2 イオン性キラルドーパントによる反射色変調と記憶

(2) 酸化還元応答性キラルドーパントによる低電圧・高速駆動コレステリック液晶デバイス

本項目では、酸化還元反応に応答するキラルドーパントの開発を行った。上記(1)の研究を進めている最中、イオン性キラルドー

パントが非イオン性キラルドーパントと比較して全体的に HTP が低いという知見を得た。ここから、もし酸化還元反応によりドーパントのイオン性が制御できれば反射色を制御することも可能ではないかという仮説が生まれた (図 3)。

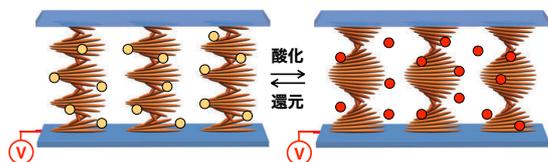


図 3 酸化還元反応による反射色変化

分子設計としては、高いらせん誘起力を有することで知られるビナフチル骨格に対して安定な酸化還元特性を示すことで知られるフェロセンを導入したドーパント (FcD) を設計・合成した。本ドーパントを 50CB と呼ばれる液晶分子に溶解させたところ、濃度によって様々な反射色を示した (図 4 上)。同じ濃度で酸化剤を 1 当量加えたサンプルでは反射色は長波長側にシフトした (図 4 下)。このことから、本キラルドーパントは酸化反応に反応して HTP を変化させる事ができるドーパントである事が分かった。

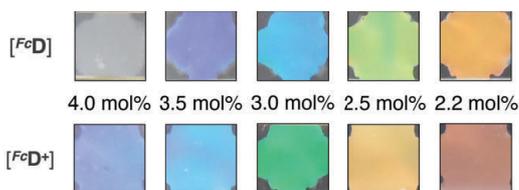


図 4 酸化還元応答性キラルドーパントの化学酸化による反射色変化

次に ITO 電極を施した液晶セルに、 FcD をドープしたサンプルを導入し、1.5 V の電圧を印加した。その結果、反射色は青から緑へと 0.4 s で変化した (図 5)。また電圧を 0 V とすると 2.7 s で元の反射色を取り戻した。このスピードはこれまで報告されている全ての電気刺激応答性のコレステリック液晶と比較して圧倒的に低電圧及び高速駆動が可能な初めてのデバイスであった。

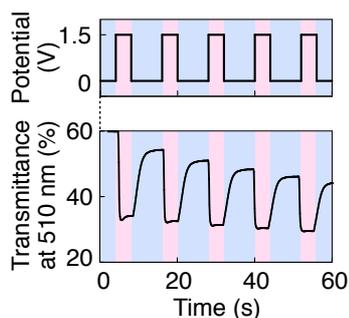


図 5 電圧に応答した反射色変化

そこでマトリックスセルを用いてプロトタイプディスプレイを作成したところ、本液晶系は 10 Hz という高速応答性を有する事が明らかとなった。また、電極をパターンングすることで文字の書き込みも可能である (図 6)。

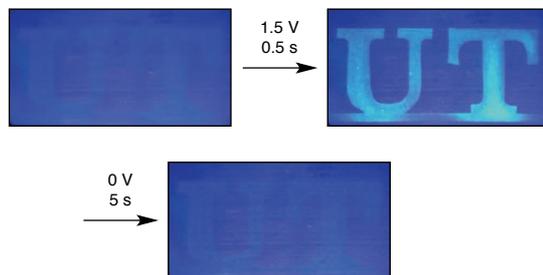


図 6 文字パターンニング

本研究ではイオン性キラルドーパント及び酸化還元応答性キラルドーパントという二種類のドーパントを開発することに成功した。今後デバイスの改良を加えることで反射型ディスプレイ特にフルカラー電子ペーパーの実現に向かっていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

Shoichi Tokunaga, Yoshimitsu Itoh, Yuya Yaguchi, Hiroyuki Tanaka, Fumito Araoka, Hideo Takezoe, Takuzo Aida、査読有、Electrophoretic Deposition for Cholesteric Liquid-Crystalline Devices with Memory and Modulation of Reflection Colors、*Adv. Mater.* **2016**, 28, 4077-4083. DOI: 10.1002/adma.201600258

〔学会発表〕 (計 5 件)

- (1) Rapid and Reversible Modulation of Reflection Colors of Cholesteric Liquid Crystals by Electrochemical Reactions; 伊藤喜光、徳永翔一、相田卓三; 第 67 回高分子学会年次大会、2M06、名古屋国際会議場 (愛知県、名古屋市)、2018 年 5 月 24 日。
- (2) Redox Responsive Chiral Dopant for Color-Modulable Cholesteric Liquid Crystals; 徳永翔一、伊藤喜光、相田卓三; 日本化学会第 98 回春期年会、1E5-51、日本大学船橋キャンパス (千葉県、船橋市)、2018 年 3 月 20 日。
- (3) Electrochemical Modulation of Cholesteric Liquid Crystalline Device. Shoichi Tokunaga, Yoshimitsu Itoh, Takuzo Aida; Gordon Research Conference (Liquid Crystals), University of New England, Biddeford, ME, U. S. A., June 21-22nd 2017.

- (4) 電気化学反応を利用したコレステリック液晶の反射色制御;徳永翔一、伊藤喜光、相田卓三;第66回高分子学会年次大会、1Pb054、幕張メッセ(千葉県、千葉市)、2017年5月29日。
- (5) 任意の反射色を繰り返し表示・記憶・消去できる電場駆動液晶;徳永翔一、伊藤喜光、相田卓三;日本化学会第95回春期年会、2C1-58、日本大学船橋、2015年3月27日。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称:新規キラルドーパント及び液晶組成物
発明者:相田卓三、伊藤喜光、徳永翔一
権利者:同上
種類:特許
番号:特願2018-38836
出願年月日:平成30年3月5日
国内外の別:国内

○取得状況 (計0件)

[その他]

http://macro.chem.t.u-tokyo.ac.jp/Group_Leaders_JP/Yoshimitsu_ITOH_JP.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 喜光 (ITOH, Yoshimitsu)
東京大学・大学院工学系研究科・講師
研究者番号:00531071