

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00391

研究課題名（和文）パターン配向キラル液晶を用いた波面自在制御アクティブ・フラットオプティクスの開発

研究課題名（英文）Development of Active Flat Optics for Wavefront-Control Using Chiral Liquid Crystals with Patterned Orientation

研究代表者

尾崎 雅則（Ozaki, Masanori）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50204186

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,100,000円

研究成果の概要（和文）：平板にも関わらず、反射光の波面を制御可能な反射型フラットオプティクスの高度化と動的制御を目指して、キラル液晶の配向機構の解明とパターン配向の高精細化を検討した。加えて、電界印加によるキラル液晶分子配列の制御を試み、アクティブ・フラットオプティクス実現の可能性を検討した。具体的には、三次元格子構造を形成するコレステリックブルー相の格子配列の制御機構を検討し、格子面の配列方位を決定する要因を明らかにした。また、パターン配向周期の微細化に伴う、格子配列挙動を調べ、フラストレート配向状態を確認した。さらに、周期配向基板上に形成されたスラント構造の電界印加による再配列とそれに伴う光偏向制御を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

三次元螺旋構造を有するコレステリックブルー相で実現した点の特徴である。コレステリックブルー相は、円偏光選択性が光の伝搬方向にほとんど依存しない優れた性質を有するが、分子配列のみならず格子構造の配列制御が困難であった。本研究では、電界印加処理によりコレステリックブルー相の配向を高品位で制御することを可能としており、パターン配向偏光光学素子の応用の可能性を大きく拡大した点で意義がある。また、液晶の自己組織性とパターン配向を融合することにより、印刷法などの簡便な手法により大面積の体積ホログラム素子を実現できる可能性を示しており、AR/VRなどの次世代ディスプレイへの展開が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the performance and to provide dynamic controllability of reflective flat optics based on patterned chiral liquid crystals (LCs), in which the wavefront of reflected light can be controlled despite the flat plate structure, we elucidated the alignment mechanism of chiral LCs and examined the possibility of creating high-definition alignment patterns. In addition, we attempted to control the alignment of chiral LC molecules by applying an electric field, and investigated the possibility of realizing active flat optics. Specifically, we investigated the mechanism of the lattice alignment of cholesteric blue phase LCs which form a three-dimensional lattice, and clarified the factors that determine the orientation of lattice planes. We confirmed the rearrangement of the slant structure of blue phase LC formed on the periodically patterned substrate by applying an electric field and demonstrated the control of the light deflection based on this rearrangement.

研究分野：電気電子材料

キーワード：液晶 光配向 波面制御 キラル液晶 ブルー相 ホログラフィック回折素子 ブルー相 体積ホログラム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

屈折率の高い媒質中を光が伝搬するとき、真空中(空气中)を伝搬する場合に比べて位相差が生じる。レンズやプリズムなどの光学素子では、媒質(ガラスなど)の厚み(光路長)を変えることにより、光が受ける位相変化量に空間的な分布を与えることによって、透過光の波面を制御し、その結果、光の集光、拡散、回折などが可能となる。一般に、これらの光学素子は、数~数十 mm の厚さを必要とし、しかもその厚さに分布を作る必要がある。近年、数ミクロン以下の薄膜平板において位相変調を与える、いわゆる **Flat Optics** が注目されている。なかでも、不連続に光の位相変化を与える方法として、金属や誘電体の微細共振器構造を面上に配置した **Meta surface** が用いられ、新しい光学の学問分野を形成している。

しかしながら、**Meta surface** は極めて魅力的であるが、波長程度のナノサイズの微細共振器構造を空間的に方位を制御して大面積上に配列させる必要があり、特に可視光や紫外光に対応した微細共振器構造を作ることは容易ではない。そこで、我々は、キラル液晶の自己組織的螺旋構造を用いた、新概念のボトムアップ型の **Meta surface** を提案した。すなわち、コレステリック液晶などのキラル液晶が自己組織的に形成する螺旋周期構造からの反射光の位相が、基板表面の分子の配向方位 ϕ (螺旋方位) に依存して変化する現象に着目し、独自の局所光配向技術を用いて、キラル液晶の螺旋方位をパターンニングした。それにより、平板であるにもかかわらず、反射光の波面を制御(集光、発散、回折、散乱)可能な反射型フラットオプティクス (**Flat optics**) を考案した。

我々が提案したパターン配向キラル液晶を用いることで、フラットフィルムでありながら、集光、拡散、回折は勿論のこと、高効率な光渦の発生や計算機生成ホログラムなどを実現した。しかしながら、画期的な高性能・高機能デバイス実現には、次の課題解決が必須である。

- ① 光配向パターンの分解能が十分でないため波面制御範囲が小さく、また、パターン描画面積が小さいことから、応用範囲が限定される。また、微小領域での配向パターンニングにおいて起こりうる問題点と新しく期待される現象が不透明である。
- ② キラル液晶の螺旋周期構造では、螺旋の符号に対応した円偏光のみを選択的に反射するが、コレステリック液晶のような一次元螺旋構造では、螺旋軸に平行に伝搬する光に対してのみ、円偏光選択性担保される。そのため、光応用の自由度が制限される。
- ③ パターン配向を実現するために、光配向技術を用いてあらかじめ基板上的液晶分子の配向方向をデザインする必要があるため、素子作製時にパターンを書き込み、その後動的にそのパターンを変更することは不可能である。

特に、②の課題が解決され基板上的配向パターンや周期パターンを電界より動的に制御することができれば、光の波面をリアルタイムで所望の方向に配光したり、所望の機能を自在に切り替えたりするなどのアクティブな波面制御が可能となり、これまでに無い新しいアクティブ光デバイスが可能となる。

2. 研究の目的

キラル液晶の螺旋方位をパターン光配向により制御することで実現するフラットオプティクスの高性能化、高機能化を目指して、下記の目的で研究を進める。

- (1) パターン光配向技術の高度化による性能限界の探求と応用範囲の拡大
微細パターン領域内での配向技術の向上、特に、三次元ブルー相の格子方位の制御技術を確立する。また、微小領域パターン配向により発現が期待される双安定動作などのフラストレート現象の可能性を検討する。
- (2) 電界により自在に波面制御が可能なアクティブ・フラットオプティクスの探求
電界により分子(格子)配列の制御の可能性を検討し、動的ホログラム素子などの可能性を明らかにする。

3. 研究の方法

上記課題の②を解決するために、三次元螺旋周期構造を有するコレステリックブルー相液晶を採用して、以下の項目の研究を推進した。

- (1) コレステリックブルー相液晶の格子配列制御
コレステリックブルー相(BP)は、分子配列のみならず三次元結晶構造の方位の制御が不可欠である。これまでの研究では、素子基板面に平行な格子方位の制御がなされてきたが、面内での格子方位の制御は実現されていなかった。本研究では、電界印加による低次元液晶相への電界誘起相転移を活用して、BP格子の三次元完全制御を試みた。
- (2) 周期パターン配向による傾斜ブルー相構造の実現と電界による配列制御
周期的なパターン配向処理をした素子にBP液晶を封入して、格子構造が傾斜したスラント型BP液晶を実現し、電界による格子再配列を試みた。
- (3) 配向パターンの高精細化により発現するフラストレート現象の検討
隣接するパターン配向領域の配向容易軸方向を不連続として時、パターンサイズの微細化

により発現する配向挙動を明らかにした。

4. 研究成果

(1) コレステリックブルー相液晶の格子配列制御

これまでもコレステリックブルー相 (BP) 液晶の格子配列制御に関する研究は多くなされてきた。しかしながら、それらは、素子基板面に対して同一の格子面を均一に配列させたものであった。しかしながら、本研究で目指す、反射型波面制御素子を実現するためには、各配向パターン内での格子の自在制御も不可欠である。そこで、ブルー相 I (BPI) に電界を印加して、一旦螺旋構造の消失したホメオトロピック・ネマチック (N) 相を経て、再び電界を除去する際の BP 格子の配列挙動を明らかにし、面内格子方位制御を試みた。

図 1 (a) にサンドイッチセル内の BPI 格子の方位の様子を示す。本研究では、(110) 格子面が基板に平行、すなわち、 $[110]$ 軸が基板面に垂直な格子配列を実現する。その上で、 $[110]$ 軸周りの結晶格子の面内方位、すなわち、 $[001]$ 軸の面内方位の制御を試みた。図 1 (b) は、実験に用いた各領域内の配向容易軸方位のパターンを示したものである。配向容易軸の方位設定には、アズ系光配向膜を用いて、独自に開発したマスクレスパターン配向装置を用いた。

図 1 (c) は、電界印加前の BPI の偏光顕微鏡 (POM) 像とコッセル回折像を示す。電界印加前では、図中の 2 回対称のコッセル像からわかるように、(211) 面が基板に平行に配列した構造を取っている。また、各配向領域内での格子配列状態に僅かな違いが確認されるが、領域内での一様な配列状態は実現されていない (そのことは、複数のコッセル像が重なって観測されていることからわかる)。いったん高電界 ($7.3\text{V}/\mu\text{m}$) を印加して螺旋構造が消失したホメオトロピック N 相を実現した後に、1 分間に $0.05\text{V}/\mu\text{m}$ の割合で電界を除去した過程で観測される偏光顕微鏡像を図 1 (d) に示す。ホメオトロピック N 相では複屈折がなくなり消光位が確認される。電界の減少に伴い、 $7.0\text{V}/\mu\text{m}$ 以下では、カイラルネマチック (ChN) 相のフォーカルコニック組織が確認され、さらに電界を下げて、 $2.7\text{V}/\mu\text{m}$ 以下では格子の歪んだブルー相 X (BPX) が観測された。さらに電界を下げると、 $1.5\text{V}/\mu\text{m}$ 以下で最終的に BP が確認された。電界除去後の BP のコッセル像を図 1 (e) に示す。(i)~(iv) は、図 1 (b) 内の配向パターン領域 (i)~(iv) のコッセル像であることを示している。このコッセル像からわかるように各配向領域内では、単一の 2 回対称のコッセル像が観測され、反射色も電界印加前の BP (211) と異なり、BP (110) が実現できていることを示している。また、コッセル像の方位が各領域内の配向容易軸方向 (実線の両矢印) と一致していることもわかる。このことは、電界印加処理により、結晶の面配列 (基板と平行な面の配列) と格子方位 (セル面内での結晶軸 $[001]$ の方位) の制御が実現できたことを示している。

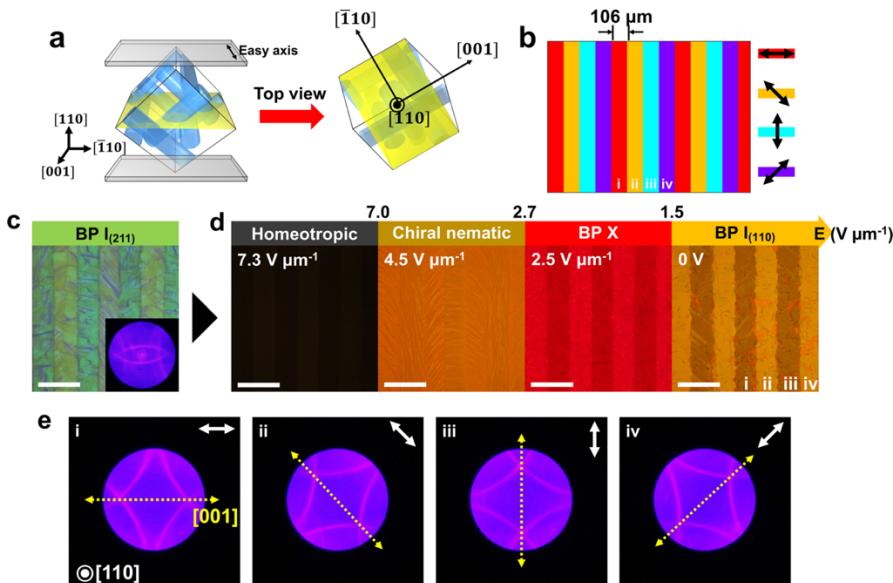


図 1 BPI の電界誘起相転移と再配向。(a) 結晶格子を 2 枚のガラス基板で挟んだ模式図。(b) 配向パターン方位。(c) 電界印加前の BPI₍₂₁₁₎ の POM 画像。(d) 電場誘起相の POM 画像。(e) 配向容易軸の方向が異なるそれぞれの領域における電界再配向した BPI₍₁₁₀₎ のコッセル図。

次に、BP の格子配列を決定する要因を明らかにした。すなわち、電界印加によって発現する ChN 相と BPX が格子配列に及ぼす影響について調べた。その結果を図 2 に示す。図 2 (a) は電界印加前の BPI (211) の POM 像とコッセル像を示す。まず、(b) に示すように、一旦ホメオトロピック N 相を実現したのち、ChN の発現する電界までステップ状に電界を減少させ、ChN 相の状態を暫く放置したのち、再びステップ状に電界を完全に除去して BPI を実現した。その場合、(d) からわかるように、面内での格子軸方位 (破線矢印) は配向容易軸 (実線両矢印) に揃っているが、面方位は一意には決まっていない。一方、(e) に示すように、ホメオトロピック N 相から ChN 相を経ずにステップ状に BPX まで電界を減少させた場合、BPX で面方位は (110) に揃っており、その状態を維持したまま最終的に BPI (110) が実現されている事がわかる。しかしこの場合、結晶軸方位、すなわち、 $[001]$ 軸の面内方位は決まっていない。以上の実験結果から、ホメオトロピック N 相から電界を除去していった場合、ChN 相で格子の面内軸方位が決定され、BPX で格子面の配列が決まることがわかる。

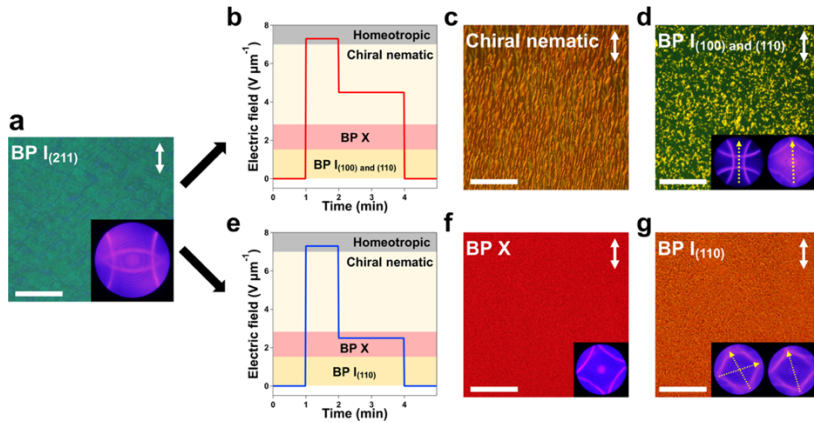


図 2 電界誘起再配向機構の検討。(a) 電界印加前の BPI₍₂₁₁₎ の POM 像とコッセル像。(b) N 相-ChN 相-BP I 相を得るための電界シーケンス。(c, d) 電界誘起 ChN 相と BPI の POM 画像とコッセル像。(e) N 相-BP X- BP I 相を得る電界シーケンス。(f, g) 電界誘起 BP X と BPI の POM 画像と対応するコッセル像

(2) 周期パターン配向による傾斜ブルー相構造の実現と電界による配列制御

周期的に配向容易軸方向を変化させたパターン配向基板から構成されたサンドイッチセル内に BP 液晶を封入させ、ブルー相 II (BPII) の格子配列を調べた。コレステリック相 (ChN) 液晶では、これまでも同様の周期的パターン配向についての研究が行われてきた。それらの研究結果によると、螺旋軸が傾いた slant 型の螺旋構造が実現されるとされている。この構造を体積ホログラム素子として用いた場合、大きな回折角を実現できる。一方、BP の場合、螺旋状の分子配列秩序のみならず格子単位の秩序構造を有することから、ChN 相と同様の配列構造を形成するのには興味がある。そこで、我々はコッセル像観察、反射スペクトル測定を行った。周期配向パターンの実現のために、円偏光光を用いた干渉露光を採用した。すなわち、左右円偏光の光を同軸対向で干渉させ、その光軸上に光配向膜を塗布したセル基板を垂直面から角度 θ 傾けて配置することにより光配向膜面上に偏光方位が周期的に変化する干渉光が得られる。今回、波長 488nm、 $\theta=15^\circ$ としたので、得られる配向パターンの理論的周期は、 $\Lambda=943\text{nm}$ となる。周期配向パターンセル内の BPII のコッセル像観察の結果、格子の傾きに対応するコッセルパターンの偏心が確認された。また、選択反射波長も周期配向パターン素子では、短波長シフトが確認された。以上の結果より、BP の場合も ChN 相同様に格子構造が傾いていることが示唆された。

そこで、格子構造の配列状態を直接観察するために、光重合性のホスト分子を用いて slant 型 BP 液晶を実現し、光重合後の構造の透過電子顕微鏡 (TEM) 観察を行った。光重合性ネマチック液晶にキラル剤を添加し、周期的パターン配向を施したサンドイッチセルに封入した。BPII で光重合した BPII 薄膜を樹脂に包埋して TEM 観察用の超薄片 (厚さ 80nm) を得た。TEM 像からも明らかのように、BP 格子構造を形成するダブルツイストシリンダーに対応する明点の配列が基板面 (樹脂面) に対して傾斜していることが確認された。以上の結果から、BP でも ChN 相と同様に slant 構造が形成されると結論できる。しかしながら、コッセル像観察、選択反射波長シフトなどの結果から見積もられる格子の傾き角が 10° 程度であるのに対して、TEM 観察から見積もられる格子傾きは 30° ほどで一致しない。今後、その原因の検討が課題として残る。

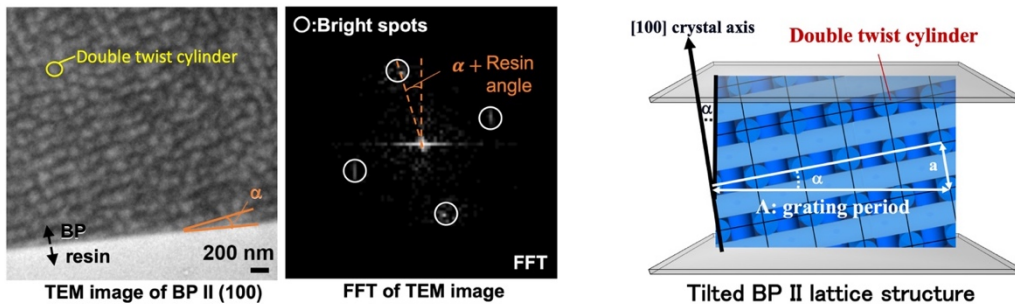


図 3 周期配向パターンを有するサンドイッチ内で光重合した BPII 液晶の断面 TEM 像と FFT パターン。TEM 観察並びにコッセル像観察などの結果より考えられる BPII の格子配列構造の模式図。

配向容易軸方向を連続かつ周期的に変化させたパターン配向素子において形成される slant 型 BP 格子構造の電界印加による歪について検討した。図 4 (a) は slant 構造の BPII に電界を印加し、 $0.19\text{V}/\mu\text{m}$ のステップで電界を徐々に増加させ、再び電界を除去したときの POM 像並びにコッセル像である。電界印加前は、スラント構造に対応した偏心したコッセル像が確認できる。一方、電界印加によって、 $2.1\text{V}/\mu\text{m}$ までの電界強度では、反射色の変化が観察され、後述するように反射波長の赤色シフトが観測される。しかしながら、対応するコッセル像の中心は変化せず、円形パターンの大きさのみが増大した。このことは、電界印加によって格子定数は電界方向に増大するが、格子の傾きは維持されていることを示している。しかし、 $3.0\text{V}/\mu\text{m}$ 以上の電界では、コッセル像の偏心は解消された。先にも述べたように BP は電界印加によって体心正方晶の BPX に相転移することが知られているが、観測されたコッセル像は元の単純正方晶を維持していることから、BPX への転移ではなく、BP の対称性を保ったまま、格子の傾きが解消されたと考えら

れる。これは、界面配向規制が破れたためであると考えられる。また、さらなる電界の増大の結果、螺旋構造が消失しホメオトロピック N 相に転移することにより、POM 像は消光位となった。一方、再び電界を除去すると初期状態と同様の Slant 構造が形成された。

図 4 (b) に選択反射波長の印加電界依存性を示す。選択反射波長は $2.3\text{V}/\mu\text{m}$ まで単調に赤色シフトしており、これは格子構造の歪みに起因している。 $2.3\text{V}/\mu\text{m}$ で反射波長が 490nm から 507nm に不連続に変化した。これは、前述のアンカーリングの破れによるものと考えられる。また、ホメオトロピック相から電界を取り除くと、ブラッグ反射が初期 BP と同じ波長で再び現れ (図 4 (c))、元の BP 格子が可逆的に復元している。このことは、電界印加によるチューニングやスイッチングが可能な体積ホログラムの可能性を示唆するものと言える。

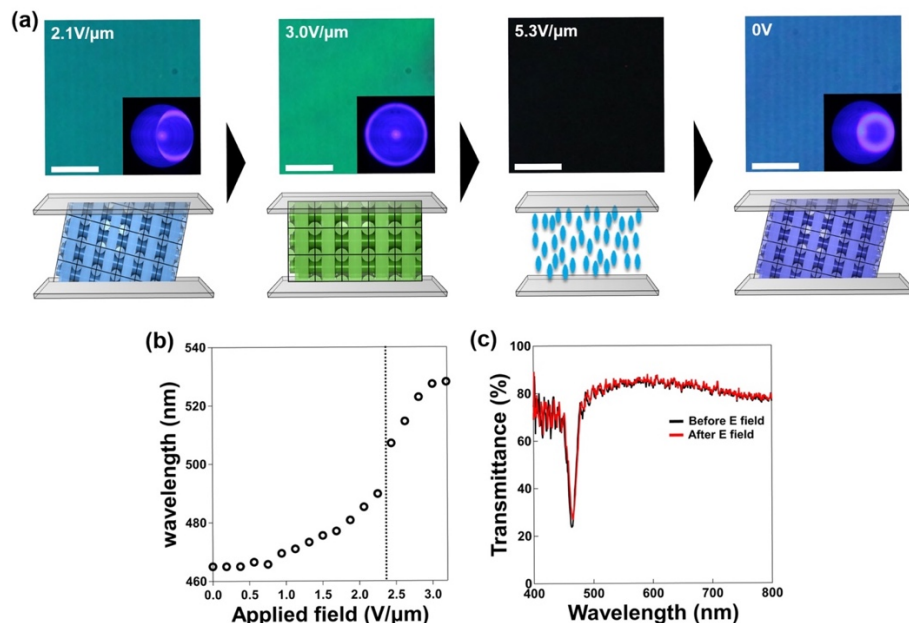


図 4 BP 結晶の電界印加による格子再配列。(a)様々な電界における POM 像、コッセル像および格子配列の状態を示す模式図。(b) 選択反射波長の印加電界依存性。(c) 電界印加前後の透過スペクトル

(3) 配向パターンの高精細化により発現するフラストレート現象の検討

次に、隣接する微細パターン領域の配向容易軸方向が不連続に異なる場合に発現が期待されるフラストレート状態の検討を行った。配向容易軸の方位が周期 Λ で不連続に異なるパターン配向セル内の BPII の格子配列状態を POM 像およびコッセル像観察により評価した。図 5 は、隣接する領域の配向容易軸が直交する配向パターンの格子配列状態の結果である。(a) は、パターン周期 $\Lambda=14.2\mu\text{m}$ の場合の POM 像およびコッセル像である。コッセル像は 4 回対称に見えるが、2 回対称である BP(110) のコッセル像が 2 つ直交して重なっている。これは、それぞれの配向領域で配向容易軸方向に配列した BP(110) が共存していることを示している (d)。一方、(b) はパターン周期 $\Lambda=7.1\mu\text{m}$ の場合の POM 像およびコッセル像である。この場合は、全面が BP(100) 配列となっていることを示している。このことは、隣接する領域の配向規制力が拮抗し、いずれの配向容易軸方向の BP(110) も存在できずに、異なる面方位である BP(100) 配列となったと考えられる (e)。(c) に、全体の面積に占める BP(100) の面積比のパターン周期 Λ 依存性を示す。パターン周期の微細化に伴い、ある閾値の周期を境に BP(110) が BP(100) に転移していることがわかる。これは、2 つの異なる配向方向のフラストレーションにより新たな配列方位が発現したことを示している。これは、BP 液晶においても微細パターン配向領域間のフラストレート状態が発現することを意味しており、双安定スイッチなどの可能性も期待でき非常に興味深い。

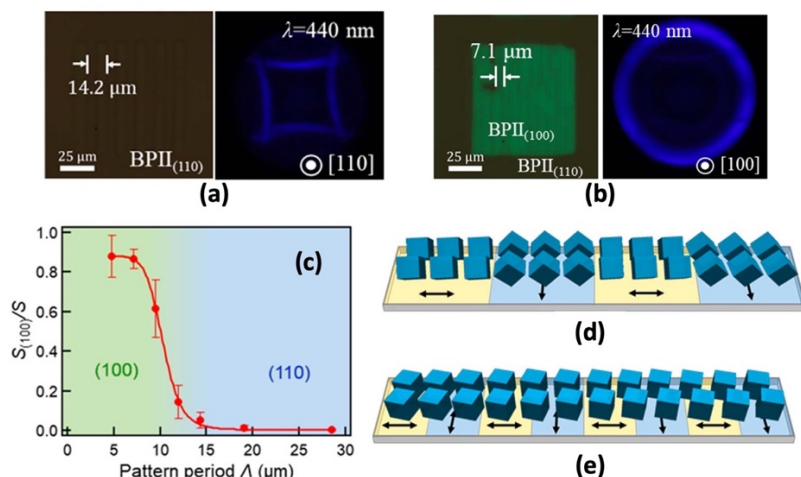


図 5 (a, b) 隣接する配向領域の容易軸方向が直交する場合のパターン配向セルの POM 像およびコッセル像 (c) BP(100) の面積のパターン周期依存性。(d, e) パターン周期上の格子面の配列の模式図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Kazuma Nakajima, Yuji Tsukamoto, Shogo Mitsuhashi, Masanori Ozaki | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Frustrated lattice orientation of cholesteric blue phase II induced by micro-patterned surface alignment | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Express | 6. 最初と最後の頁 071007 ~ 071007 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac75aa | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yu Minowa, Yuta Yabuuchi, Shusaku Nagano, Shuichi Nagamatsu, Akihiko Fujii, Masanori Ozaki | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Fast-Coating Process Based on Elongated Rodlike Preaggregate for Highly Oriented Thin Film of Donor-Acceptor π -Conjugated Polymer | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 50112 ~ 50119 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsam.2c13516 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yuxian Zhang, Hiroyuki Yoshida, Fan Chu, Yu-Qiang Guo, Zhou Yang, Masanori Ozaki, Qiong-Hua Wang | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 Three-dimensional lattice deformation of blue phase liquid crystals under electrostriction | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Soft Matter | 6. 最初と最後の頁 3328 ~ 3334 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SM00244B | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Yuxian Zhang, Hiroyuki Yoshida, Qiong-Hua Wang, Masanori Ozaki | 4. 巻 122 |
| 2. 論文標題 Electro-optics of blue phase liquid crystal in field-perpendicular direction | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Letters | 6. 最初と最後の頁 36130-36137 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0142383 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Y. Yabuuchi, Y. Minowa, H. Kajii, S. Nagano, A. Fujii and M. Ozaki | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Direction-selectable ultra-highly oriented state of donor-acceptor conjugated polymer induced by slow bar-coating process | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Advanced Electronic Materials | 6. 最初と最後の頁 2100313(8pages) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aelm.202100313 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------------|
| 1. 著者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki | 4. 巻 60 |
| 2. 論文標題 Generation of coaxial vortex beams with doubled topological charges using a stacked liquid crystal structure | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics | 6. 最初と最後の頁 120906(6pages) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac3182 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Y. Yabuuchi, Y. Minowa, S. Nagamatsu, A. Fujii and M. Ozaki | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Dynamics of pre-aggregation and film formation of donor-acceptor -conjugated polymer | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ACS Materials Letters | 6. 最初と最後の頁 205 - 211 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmaterialslett.1c00734 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 G. Uzurano, N. Kuwahara, T. Saito, A. Fujii and M. Ozaki | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Orientation control of 2D perovskite in 2D/3D heterostructure by templated growth on 3D perovskite | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Materials Letters | 6. 最初と最後の頁 378 - 384 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmaterialslett.1c00709 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki | 4. 巻 Vol. 30, No. 6 |
| 2. 論文標題 Generation of a focused optical vortex beam using a liquid crystal spiral zone plate | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 8667 - 8675 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.451293 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------------|
| 1. 著者名 SeongYong Cho, Misaki Takahashi, Jun-ichi Fukuda, Hiroyuki Yoshida, and Masanori Ozaki | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Directed self-assembly of soft 3D photonic crystals for holograms with omnidirectional circular-polarization selectivity | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Communications materials | 6. 最初と最後の頁 39 (9 pages) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43246-021-00146-x | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 SeongYong Cho, Hiroyuki Yoshida, Masanori Ozaki | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 Tunable polarization volume gratings based on blue phase liquid crystals | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Optics Express | 6. 最初と最後の頁 1607 ~ 1607 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.448301 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 SeongYong Cho, Masanori Ozaki | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Blue Phase Liquid Crystals with Tailored Crystal Orientation for Photonic Applications | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Symmetry | 6. 最初と最後の頁 1584 ~ 1584 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym13091584 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Yuxian Zhang, Hiroyuki Yoshida, SeongYong Cho, Jun-ichi Fukuda, Masanori Ozaki | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 In Situ Optical Characterization of Twinning in Liquid Crystalline Blue Phases | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 36130 ~ 36137 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c06873 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計82件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 24件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 三橋将吾、趙成龍、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 くさび型セルを用いたコレステリックブルー相の相転移挙動に及ぼす界面効果に関する研究 |
| 3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2022年度第1回講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki, E. Nishimoto, G. Uzurano and A. Fujii |
| 2. 発表標題 Molecularly oriented organic-semiconductor thin film based on its mesogenic potential |
| 3. 学会等名 The 28th International Liquid Crystal Conference (ILCC2022) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Generation of focused optical vortex with high efficiency using liquid crystal spiral zone plate |
| 3. 学会等名 The 28th International Liquid Crystal Conference (ILCC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Proposal for initial parameters decision approach to optimize design of multi-twist retarders |
| 3. 学会等名 The 28th International Liquid Crystal Conference (ILCC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Nakajima, R. Hasegawa, S. Mitsuhashi, Y. Tsukamoto and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Lattice orientation characteristics of cholesteric blue phase on micropatterned surface alignment |
| 3. 学会等名 The 28th International Liquid Crystal Conference (ILCC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚本脩仁、上野佳秋、中島克也、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 垂直配向ポリイミド膜への紫外線照射による液晶プレチルト角の空間制御 |
| 3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚本脩仁、上野佳秋、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 Phase on micropatterned surface alignment |
| 3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 仲嶋一真、三橋將吾、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 キラリティにより誘起されるコレステリックブルー相 の格子配向方位の回転 |
| 3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 仲嶋一真、三橋將吾、塚本脩仁、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 フラストレート配向パターンを有する液晶セル内におけるコレステリックブルー相 の格子配向 |
| 3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 三橋將吾、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 パターン配向したコレステリックブルー相の透過型電子顕微鏡観察 |
| 3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 三橋將吾、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 Grandjean欠陥を含むコレステリック相からのブルー相の発現挙動に関する研究 |
| 3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 上野佳秋、中島克也、塚本脩仁、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 紫外線照射による液晶の極角配向パターンニングと回折格子構造の作製 |
| 3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 仲嶋一真、塚本脩仁、三橋將吾、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 競合する配向パターンにより誘起されるコレステリックブルー相の格子配向特性 |
| 3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Tsukamoto, Y. Ueno and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Fabrication of liquid crystal grating structure with pretilt angle distribution induced by UV irradiation upon vertical alignment polyimide film |
| 3. 学会等名 Optics of Liquid Crystal 2021 Satellite Workshop 2022 (OLC2021 SWS2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 上野佳秋、中島克也、塚本脩仁、尾崎 雅則 |
| 2. 発表標題 紫外線照射による液晶プレチルト角の配向制御法 |
| 3. 学会等名 応用物理学会関西支部75周年記念講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚本脩仁、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 液晶マイクロフレネルゾーンプレートによる集光スポット位置の精密制御 |
| 3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 上藤大和、仲嶋一真、塚本脩仁、尾崎雅則、菊池 裕嗣 |
| 2. 発表標題 強誘電性ネマティック液晶の分子配向に及ぼすラビング対称性の効果 |
| 3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Ozaki and A. Fujii |
| 2. 発表標題 Fabrication of molecularly oriented organic semiconductor thin film utilizing its potential as a liquid crystal |
| 3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics, Liquid Crystals XXV (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 三橋将吾、長谷川遼、趙成龍、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 くさび型セルを用いたコレステリックブルー相の相転移挙動に及ぼす界面効果に関する研究 |
| 3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中山雄介、吉田浩之、鍛冶静雄、横山知郎、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 ネマティック液晶のツイストウォールを利用した点欠陥の生成 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 2021 年秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Generation of focused vortex beam by liquid crystal spiral zone plate with homeotropic and planer patterned alignment layer |
| 3. 学会等名 Optics of Liquid Crystal 2021 (OLC2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 A. Fujii and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 High molecular orientation and selective crystal polymorphism in uniaxially bar-coated thin-films of solution-processable organic materials |
| 3. 学会等名 2021 International Conference on Flexible and Printed Electronics (ICFPE2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Nakajima, R. Hasegawa, S. Mitsuhashi, Y. Tsukamoto and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Lattice orientation of cholesteric blue phase on patterned alignment surface |
| 3. 学会等名 Global Nanophotonics 2022 (GNP2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Tsukamoto, H. Yoshida and M. Ozaki |
| 2. 発表標題 Coaxial optical vortex generator based on stacked structure with photo-aligned nematic and planar cholesteric liquid crystal layers |
| 3. 学会等名 Global Nanophotonics 2022 (GNP2022) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚本脩仁、吉田浩之、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 液晶積層構造を用いた同軸光線上に異なるトポロジカルチャージを持つ光渦の生成 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藪内湧太、鶴野弦也、梶井博武、藤井彰彦、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 低速パーコート法により誘起されるドナー・アクセプタ型共役高分子の高配向凝集形態 |
| 3. 学会等名 第69回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚本脩仁、吉田浩之、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 液晶積層構造による直交円偏光への異なるベリー位相付与 [ポスター賞(虹彩賞)] |
| 3. 学会等名 2020年日本液晶学会オンライン研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 岩田悠人、吉田浩之、尾崎雅則 |
| 2. 発表標題 光重合コレステリック液晶膜の溶媒に対する応答評価 |
| 3. 学会等名 2020年日本液晶学会オンライン研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 SeongYong Cho, Hiroyuki Yoshida, and Masanori Ozaki |
| 2. 発表標題 Field-Induced Reorientation of Three-dimensional Photonic Structure for Computer-Generated Holograms |
| 3. 学会等名 SPIE photonics west 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 SeongYong Cho, Hiroyuki Yoshida, and Masanori Ozaki |
| 2. 発表標題 Directional Lasing Emission based on Self-Organized Photonic Crystals with Helical Nanostructures |
| 3. 学会等名 2021年第68回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------|--|---------------------------------------|----|
| 研究 分担 者 | 藤井 彰彦 (Fujii Akihiko) (80304020) | 大阪大学・工学研究科・准教授 (14401) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|--------------------------------------|----|
| 研究 分 担 者 | 吉田 浩之 (Hiroyuki Yoshida) (80550045) | 大阪大学・工学研究科・講師 (14401) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|-----------------------------------|--|--|--|
| ベトナム | Vietnam National University | | | |
| 中国 | Beihang University | | | |
| ポーランド | Military University of Technology | | | |