

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02581

研究課題名(和文) 液晶配向場のトポロジー制御による多安定性スイッチングと機能開拓

研究課題名(英文) Multistable switching of liquid crystal via control of alignment topology

研究代表者

吉田 浩之 (Yoshida, Hiroyuki)

大阪大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号：80550045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,600,000円

研究成果の概要(和文)：液晶はディスプレイ等に用いられる光学材料であるが、従来のデバイスでは棒状分子は比較的広い面積で一様に配向している。本研究では素子を構成するガラス基板の表面配向方位をそれぞれ空間的に分布させることで、ディスクリネーションやウォールなど、これまで過渡的にしか見られなかった局所的な高エネルギー秩序構造を安定化し、電界によって切り替えができることを明らかにした。この成果を通し、棒状分子の局所的な再配向に加えて数ミクロン大の高次構造が変調される新しい液晶のスイッチング原理の基盤的知見を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究以前にはトポロジカル欠陥の安定化の例は存在したが、ウォールなど非特異的な構造の安定化の報告はなかった。本研究により、従来は過渡的にしか観察されなかった高エネルギー構造を人為的に安定化し、制御できることを実験と理論から明らかにした意義は大きい。

液晶はディスプレイ等に実用化されている光スイッチング材料であるが、既存のスイッチング原理では応答特性に限界が見えていた。本研究の成果により、液晶における複雑な秩序構造を制御する新規手法を見出したことから、新しい原理に基づくデバイスなどへとつながることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Liquid crystals are widely used in displays, but in present devices, the alignment of rod-like nematic liquid crystals is uniform over a relatively large area of a few 10 to 100 micrometers. In this study, the investigators succeeded in generating and controlling micro-meter sized, orientational structures that previously had only been observed transiently, by designing the surface orientation pattern of liquid crystal molecules on the substrate surfaces. This work opens opportunities for a novel switching mechanism of liquid crystals where high-energy solitonic structures are controlled by electric fields.

研究分野：応用物理学

キーワード：液晶 光配向 トポロジカル欠陥

1. 研究開始当初の背景

液晶は異方性と流動性を兼ね備えた媒質であり、電界印加により複屈折を制御できることからディスプレイに応用されている。液晶ディスプレイでは棒状分子が数十ミクロン以上の比較的大きい面積で一様配向しているが、微細加工技術の進展により、液晶配向のパターニングによる機能発現が注目を集めるようになっていた。例えば、基板上的液晶分子配向を特定の方向に沿って回転させることで円偏光に依存した回折を生じさせることができるため、新しい回折光学素子として開発が進められていた。[1]

上記の状況の中、本研究では液晶を保持する 2 枚のガラス基板の間に形成される配向場に着目した。液晶はベクトル的な配向を持つため、液晶素子内の配向場は特定のトポロジーをもつ。トポロジーが同じ配向場同士は連続的に変形でき、空間的に接触した場合には連続的につながることができるが、異なるトポロジーをもつ配向場は配向方向を一意に定義できない(特異性をもつ)「トポロジカル欠陥」によって隔てられる。一方、トポロジー的に等価な配向場であっても、配向を連続的に接続するために局所的に強く歪んだ構造を形成することが知られていた。従来、これらの局所的構造は高エネルギーをもつため準安定であり、時間経過に伴い自発的に消失することが多かった。しかし、配向場の振る舞いがトポロジーの制約をうけることから、液晶素子の界面配向条件を適切に設計すれば、これらの構造を積極的に制御することができると考えた。

液晶の配向パターン制御は技術として確立しておらず、配向制御を究めることでどのような複雑な配向場が実現され、そこからどのような有用な機能を創出できるのかは未知の領域であった。例えば、多数の配向状態を電圧によって切り替えたり、配向状態間の光学的・誘電的・粘弾性的な性質の違いを機能として応用したりできる可能性が考えられた。一方、欠陥の存在はフラストレーションと関係しているため、配向制御によって人工的にフラストレーション場を作り出し、通常は見られない特異な電場応答を創出できる可能性も考えられた。これらの問題は、配向秩序を示す物質の既存の限界を超え、新しい理解を拓くものであり、液晶が広く応用される電気光学材料である点に鑑みてもその重要性は大きいものであると考えられた。

2. 研究の目的

上に述べた背景に基づき、本研究では液晶配向制御技術によって液晶素子における配向場のトポロジーを制御し、配向状態の多安定性スイッチング機構を確立することを主たる目的とした。この目的を通して欠陥を含む配向場を数学的観点から分類し、フラストレーション配向場の創出やダイナミクスおよび欠陥近傍の液晶物性などのサブテーマに取り組むとともに、多安定性を活用した機能創出を目指した。

3. 研究の方法

本研究では 2 枚のガラス基板からなるサンドイッチセルに液晶素子を構成する基板の表面に配向容易軸のパターンを形成し、液晶を封入して液晶素子とした。配向容易軸のパターンには研究代表者の所有する配向パターンニング装置を用いた。当該装置は電子的にパターンを切り替えられるマイクロディスプレイ、投影光学系および偏光光学系からなり、シングルミクロン精度で基板上的棒状分子の面内配向方位が制御可能である。

作製した液晶素子は偏光顕微鏡下で観察し、形成される光学組織より液晶配向を評価した。素子に温度変化、電界刺激または光刺激を与え、液晶配向の変化を評価した。また、液晶の弾性理論に基づいてエネルギー計算を行い、配向状態を理論的に解析した。

4. 研究成果

ウォール構造の安定化 [2]: 液晶中における配向欠陥は特異性のある欠陥と特異性のない欠陥に大別される。特異性のある欠陥はトポロジカル欠陥またはディスクリネーションとも呼ばれ、液晶の局所的な配向方向、すなわちダイレクタが定義できない線状、もしくは点状の領域に出現する。特異性のない欠陥ではダイレクタが連続的に繋がっており、ダイレクタの局所的なひずみを介してトポロジー的に等価である 2 つの領域が隔てられている。液晶のエネルギーは配向の空間変形に依存するため、局所に大きく歪んだ欠陥構造は高いエネルギーを持ち、したがってこれらの構造体の安定化や制御の例は少なかった。本研究では界面配向制御と電界印加、除去のプロセスを経て、配向場のトポロジーを制御することで、本来高いエネルギーをもつウォールの生成、安定化に初めて成功した。さらに、過去に提案されていたウォール配向モデルを修正し、液晶の弾性エネルギーを解析することでループ状ウォールが安定化されていることを理論的に証明した。

図 1(a)に素子に液晶素子に形成した配向パターンの模式図を示す。片側は一様配向とし、対向基板は円形の領域において、中央から周辺部に向かって配向方位が徐々に回転するパターンを

形成した。パターン中央部で上下基板の配向容易軸の角度差が $\pi/2$ ラジアンとなるようにし、 $3\pi/2$ 回転して円形領域の外周部では対向基板の配向方位と一致するようにした。上下基板の配向容易軸に差が生じている素子にネマティック液晶を封入すると、上下基板の配向容易軸を満たすようにダイレクタのねじれが生じる。一方、自発的ねじれ力をもたないネマティック液晶はねじれに伴う弾性エネルギーを最小化するため、ねじれの角度が $|\pi/2|$ 以上となる場合にはねじれの角度の絶対値が小さくなるようにねじれ方向を反転させる。図2は素子に封入した液晶を高温の等方相より徐冷し、ネマティック相を得た際の偏光顕微鏡像および透過顕微鏡像である。パターン外周から中央部に向かうにつれ、上下基板のねじれ角は最大 $3\pi/2$ まで達するが、エネルギーを低減するために上下基板のねじれ角が $\pm\pi/2$ となる位置においてねじれ方向を反転させており、それに伴ってループ状の線欠陥が生成されることが明らかとなった。

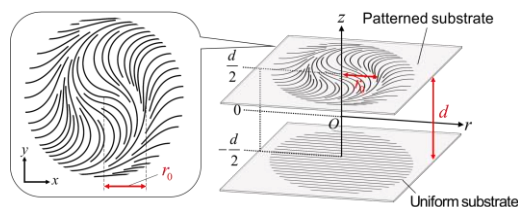


図 1 作製した素子の模式図

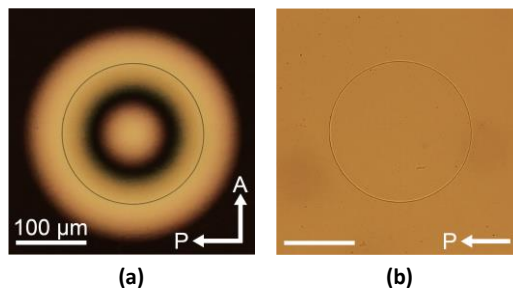


図 2 (a)等方相より相転移させることで得られた液晶素子の偏光顕微鏡像
(b)透過顕微鏡像

電界作製した素子に矩形波電圧 (1 kHz, 2.5 V) を印加し、その後除去した際の偏光顕微鏡像および透過顕微鏡像を図 3 に示す。電圧を印加するとループ状線欠陥は徐々に収縮し、やがて消滅した。さらに、線欠陥消滅後に電圧を除去すると、ループ状の線欠陥が再び現れることはなく、ループ状線欠陥の約半分の直径をもつループ状のウォールが生成された。鋭敏色板を挿入し分光学的に素子を解析することで、ウォールの近傍では液晶分子のねじれ角が $\pm\pi$ となっていることが確認された。液晶素子を等方相温度まで加温しない限りは、ウォールは消滅することなく、安定に存在した。すなわち、特異性のあるループ状の線欠陥から特異性のない欠陥であるウォールを生成できることを見出した。

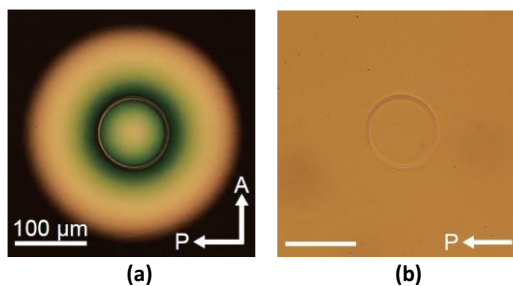


図 3 (a)液晶素子に電界を印加し、除去することで得られた偏光顕微鏡像
(b)透過顕微鏡像

ウォール生成のメカニズム解明とシミュレーションによる再現：電圧印加によるウォール生成のメカニズムを以下のように考察した。図 4 にループ状線欠陥からループ状ウォールが生成される遷移過程における、パターンの半径 r 方向 (中央を $r=0$ 、最外周を $r=3r_0/2$ とする) のねじれ角分布図を示す。電界印加前において、線欠陥は高エネルギーをもつため収縮しようとするが、線欠陥はねじれ角 π の不連続性を伴うため、線欠陥が収縮した際に通過した領域のねじれ角を π 増加させ、ねじれ変形に起因する弾性エネルギーを増加させる。すなわち、ねじれ変形の弾性エネルギー増加量と線欠陥のエネルギー減少量が釣り合うとき、ループ状線欠陥は消滅することなく $r=r_0$ 付近で安定化される(図 4(a),(b))。ここで、上下基板間に電界が印加されると、ねじれ変形の弾性エネルギーが減少するため、エネルギーの釣り合いが崩れる。そして、線欠陥は自らのエネルギーを減少させようと収縮を始め、やがて消滅する。線欠陥消滅後、線欠陥がある配向場とはトポロジーが異なっているため、電界除去時の線欠陥の生成は抑制される。このとき、 $r=0$ でねじれ角が $3\pi/2$ になると予想されるが、液晶の弾性エネルギーはねじれ角の 2 乗に比例し、強くねじれた状態はエネルギー的に不安定となるため、トポロジ的に等価かつ弾性エネルギーが減少する配向場への緩和が生じると考えられる。ここで、 $r=r_0/2$ の位置にウォールを生成することで、 $r < r_0/2$ の領域でねじれ角を 2π 減少させ、全体のねじれ角を最大 $|\pi|$ までで抑えることができる(図 4(c))。

考察したモデルに基づき液晶の弾性エネルギーのシミュレーションを行うと、生成される欠陥の位置が再現された。一方、パターンの面積を小さくすると、ウォールは生成されずに欠陥のない配向場が実現された。これは中央部でダイレクタが $3\pi/2$ ラジアンねじれた強ねじれ状態とウォールをもつ配向場の間の弾性エネルギーの競合により、よりエネルギーの低い配向場が優位となったとして説明可能であった。これらのことから、従来、安定化の難しかったウォール欠陥について、高い再現性をもって生成する手法を明らかにし、また、その物理的メカニズムの解

明に成功した。

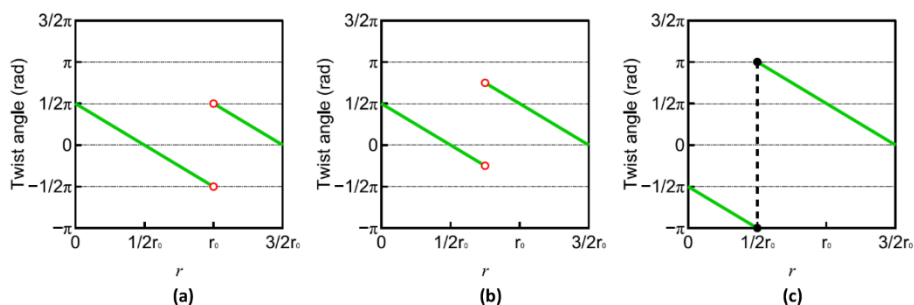


図 4 (a) ループ状線欠陥が $r = r_0$ にあるときの r 軸に沿ったねじれ角分布。(b) ループ状線欠陥がわずかに収縮したときの r 軸に沿ったねじれ角分布。(c) ループが完全に収縮し、電界を除去したときのねじれ角分布図

本研究以前にはトポロジカル欠陥の安定化の例は存在したが、ウォールなど非特異的な構造の安定化の報告はなかった。本研究により、従来は過渡的にしか観察されなかった高エネルギー構造を人為的に安定化し、制御できることを実験と理論から明らかにした意義は大きい。液晶はディスプレイ等に実用化されている光スイッチング材料であるが、既存のスイッチング原理では応答特性に限界が見えていた。本研究の成果により、液晶における複雑な秩序構造を制御する新規手法を見出したことから、新しい原理に基づくデバイスなどへとつながることが期待される。

参考文献

- [1] J. Kim, Y. Li, M. N. Miskiewicz, C. Oh, M. W. Kudenov, and M. J. Escuti, "Fabrication of ideal geometric-phase holograms with arbitrary wavefronts", *Optica* 2, 958-964 (2015).
- [2] T. Ouchi, K. Imamura, K. Sunami, H. Yoshida, and M. Ozaki, "Topologically-protected generation of stable wall loops in nematic liquid crystals", *Phys. Rev. Lett.* 123, 097801 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zhang Yuxian, Yoshida Hiroyuki, Chu Fan, Guo Yu-Qiang, Yang Zhou, Ozaki Masanori, Wang Qiong-Hua	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 Chen Hsiuhui, Yang Haochun, Kuo Hanwen, Ko Weiting, Uchida Kingo, Yoshida Hiroyuki	4. 巻 49
2. 論文標題 Photo-switching behaviour in liquid crystalline materials incorporating a non-planar dithienylcyclopentene core and their birefringence properties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 1475 ~ 1487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02678292.2022.2044529	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, Qiong-Hua Wang, and 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 -
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 -
1. 著者名 Kimura Ryo, Kitakado Hidetsugu, Yamakado Takuya, Yoshida Hiroyuki, Saito Shohei	4. 巻 58
2. 論文標題 Probing a microviscosity change at the nematic-isotropic liquid crystal phase transition by a ratiometric flapping fluorophore	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2128 ~ 2131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC06111A	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 Cho SeongYong, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	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 Sakurai Tsuneaki, Kobayashi Masaya, Yoshida Hiroyuki, Shimizu Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Remarkable Increase of Fluorescence Quantum Efficiency by Cyano Substitution on an ESIPT Molecule 2-(2-Hydroxyphenyl)benzothiazole: A Highly Photoluminescent Liquid Crystal Dopant	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 1105 ~ 1105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst11091105	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 Zhang Yuxian, Yoshida Hiroyuki, Cho SeongYong, Fukuda Jun-ichi, Ozaki Masanori	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 -

1. 著者名 Tsukamoto Yuji, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	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 ~ 120906
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 無
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 Tsukamoto Yuji, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	4. 巻 30
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 ~ 8667
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 Oton Eva, Yoshida Hiroyuki, Morawiak Przemysaw, Strzeysz Olga, Kula Przemysaw, Ozaki Masanori, Piecek Wiktor	4. 巻 10
2. 論文標題 Orientation control of ideal blue phase photonic crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-67083-6	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 Zhang Wanying, Suzuki Satoshi, Sakurai Tsuneaki, Yoshida Hiroyuki, Tsutsui Yusuke, Ozaki Masanori, Seki Shu	4. 巻 22
2. 論文標題 Extended conjugation of ES IPT-type dopants in nematic liquid crystalline phase for enhancing fluorescence efficiency and anisotropy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 28393 ~ 28400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP05415A	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 Cho SeongYong, Takahashi Misaiki, Fukuda Jun-ichi, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	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
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 Cho SeongYong, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	4. 巻 8
2. 論文標題 Emission Direction Tunable Liquid Crystal Laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2000375 ~ 2000375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202000375	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 Ouchi Tomohiro, Imamura Koki, Sunami Kanta, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	4. 巻 123
2. 論文標題 Topologically Protected Generation of Stable Wall Loops in Nematic Liquid Crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 97801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.097801	査読の有無 無
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 Ozaki Ryotaro, Hashimura Shunsuke, Yudate Shinji, Kadowaki Kazunori, Yoshida Hiroyuki, Ozaki Masanori	4. 巻 2
2. 論文標題 Optical properties of selective diffraction from Bragg-Berry cholesteric liquid crystal deflectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 3554 ~ 3554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.2.003554	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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 吉田浩之
2. 発表標題 界面配向制御を通じた液晶の欠陥生成
3. 学会等名 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 2020粘度プロジェクト研究-短期共同研究「機能性液晶の探索に向けたトポロジー手法」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Yoshida, SeongYong Cho, Ryotaro Ozaki, and Masanori Ozaki
2. 発表標題 Bragg-Berry Reflective Flat Optics based on Chiral Liquid Crystals
3. 学会等名 NJU-Wiley Joint Conference on Metamaterials and Advanced Applications (NJU-Wiley CMAA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Yoshida, SeongYong Cho, and Masanori Ozaki
2. 発表標題 Holographic optical elements using blue-phase liquid crystals
3. 学会等名 SPIE Photonics West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki Yoshida, SeongYong Cho, Jun-ichi Fukuda, and Masanori Ozaki
2. 発表標題 Chiral Volume Holograms Obtained by Alignment Control of Blue Phase Liquid Crystals
3. 学会等名 The 21st International Meeting on Information Display (IMID 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyuki Yoshida, Yuxian Zhang, SeongYong Cho, and Masanori Ozaki
2. 発表標題 Optical characterization of the (211) twin in cholesteric blue phase I
3. 学会等名 Optics of Liquid Crystals 2021 (OLC 2021) (招待講演) (国際学会)
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 吉田浩之
2. 発表標題 Science and technology in liquid crystals with patterned alignment
3. 学会等名 Physics Colloquium Webinar Series Institute Teknologi Bandung (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022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	鍛冶 静雄 (KAJI SHIZUO) (00509656)	九州大学・マス・フォア・インダストリ研究所・教授 (17102)	

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
---------	---------