

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15376

研究課題名（和文）ヘリカルナノシリカを原料とする一次元秩序制御を必要としない透明複屈折材料の創成

研究課題名（英文）Fabrication of transparent birefringent materials without one-dimensional ordered structure by using helical nano-silica

研究代表者

岡崎 豊 (Okazaki, Yutaka)

京都大学・エネルギー科学研究科・助教

研究者番号：20794465

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、これまで必須とされていた原子や分子の一次元秩序配列を必要としない新規透明複屈折材料を作製することを目的として研究を進めた。具体的には、キラリティ（局所的な異方性）を有するヘリカルナノシリカを、等方的に分散し低温融着させたキラルなシリカガラスを作製し、複屈折特性の評価を試みた。結果として、キラル光散乱現象を確認した。この現象の確認は、左右の円偏光の屈折率差が異なる、すなわち円偏光複屈折を示す材料であることを示唆するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「光」を情報・エネルギー源として利用することを目的とする光エレクトロニクス分野において、光の位相制御を担う透明複屈折材料は、最も重要な光学材料の一つである。本研究では、地球上で豊富に存在する珪素および酸素のみを用いて、面内方向の異方性を示さない無色透明なフィルム状ヘリカルナノシリカ成型体を作製し、900度もの高温にも耐えうる新規透明材料においてキラル光散乱現象を確認した。本研究で得られた成果は、新たな光学材料の設計に自由度を与えるものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we have been studied the fabrication of new transparent birefringent materials that do not require one-dimensional ordered arrangement of atoms and molecules, which has been considered essential so far. Specifically, chiral silica glasses were fabricated by isotropically dispersing and low-temperature fusing helical nanosilica with chirality (local anisotropy), and their birefringent properties were evaluated. As a result, a chiral light scattering phenomenon was confirmed. The confirmation of this phenomenon suggests that the material exhibits a difference in refractive index between the left and right circularly polarized light, i. e., circularly polarized light birefringence.

研究分野：ナノ構造化学

キーワード：キラリティ 分子集合体 ナノ構造構築 光学異方性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「光」を情報・エネルギー源として利用することを目的とする光エレクトロニクス分野では、(1)光の強度や(2)波長だけでなく(3)位相や(4)振動ベクトルの方向までもそれぞれ一つの情報として活用する高度な光学特性制御が求められる。そのため、光の位相制御を担う透明複屈折材料の開発は、重要な研究課題として位置付けられる。既存の複屈折材料は、固体結晶(方解石や石英など)及び配向性高分子(液晶高分子や延伸ポリマーなど)に大別され、どちらも材料中の原子や分子が一方向に秩序配列(異方性)することにより複屈折特性を発現している。それゆえ、観測角度によって複屈折特性は大きく異なり、位置や角度を精密に調節しなければ目的の複屈折特性を得ることができないという課題がある。ここで、どの角度でも同じ複屈折特性を示す、等方的な透明複屈折材料は存在するのだろうか?という学術的「問い」が浮上する。しかしながら、この問いに挑戦した研究例はこれまでに報告されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、原子や分子の一次元秩序配列を必要とせず、あらゆる角度で同じ複屈折特性を示す、新たな透明複屈折材料を作製することである。具体的には、キラリティ(局所的な異方性)を有するヘリカルナノシリカを、等方的に分散し低温融着させることにより、角度依存性なく複屈折特性を示すシリカガラスを作製する。本研究では、「複屈折を示すこと」と「材料が等方的であること」は同時に達成しうるか、ヘリカルナノシリカの形状や配列によって得られるシリカガラスの複屈折特性が制御できるか、を明らかにする。

3. 研究の方法

螺旋状分子集合体を形成する自己組織性分子の合成、分子集合体の構造評価、ヘリカルナノシリカの作製を中心に研究を進めた。今回、自己組織性分子として、ジェミニ型カチオン性両親媒性分子(16-2-16 tartrate)を合成した。得られた化合物を水中で会合させることにより、螺旋状分子集合体を形成させ、形成した螺旋状分子集合体を鋳型として用いてヘリカルナノシリカを作製した。分子集合体およびヘリカルナノシリカの形態評価は、透過型電子顕微鏡(TEM)観察にて行った。分子配向や原子配列に関する光学特性評価については、紫外可視吸収(UV-vis)、円二色性(CD)、FT-IR、振動円二色性(VCD)スペクトル測定を用いた。また、ヘリカルナノシリカのライブラリ化の一環として、屈折率制御を目指した各種有機分子の複合化、金属イオンの複合化、複合化イオンを起点とするナノ粒子形成を試みた。さらに、マクロスケールのヘリカルナノシリカ成型体の作製および評価を行った。両親媒性分子の自己組織化により、ヘリカルナノ構造のサイズや形態(ヘリシティ(右/左巻き)、曲率(ツイスト/ヘリカル)、リボン幅、リボン厚み、ピッチ、長さ、直径等)のヘリカルナノ構造体を作製した。得られたヘリカルナノシリカを用いて、quartz基板上にマクロに等方的なフィルム状成型体を作製した。得られたフィルム状成型体について、各種光学特性評価を行った。

4. 研究成果

(1)ヘリカルナノシリカの作製・ライブラリ化(元素をイオンとして複合化)

自己組織性分子として選定したジェミニ型カチオン性両親媒性分子(16-2-16 tartrate)を熱水で溶解させ、溶液温度を20℃に冷却することにより分子集合体を得た。対イオンの鏡像体過剰率(ee)や熟成時間の選択により、らせん状分子集合体の形態(ヘリシティ、ピッチ、曲率等)の精密制御を試みた。シリカの前駆体であるテトラエトキシシラン(TEOS)を酸性水溶液に溶解させ、螺旋状分子集合体水溶液と混合することにより、ヘリカルナノ構造のサイズや形態(ヘリシティ(右/左巻き)、曲率(ツイスト/ヘリカル)、リボン幅、リボン厚み、ピッチ、長さ、直径等)が精密に制御された様々なヘリカルナノシリカを得た(*Mater. Chem. Front.* **2021**, *5*, 3021-3028.)。

得られたらせん状構造体は、分子集合体の表面をシリカネットワーク(層厚み:3.0-3.5 nm程度)で被覆したハイブリッド材料である。このハイブリッドヘリックス(Hyb-helix-tart)の酒石酸アニオンを、遠心操作による*in-situ*イオン交換することにより、様々なアニオン性分子の導入が可能となる。そこで、ヘリックスの屈折率制御を志向し、様々な元素を含む分子性無機アニオンや、芳香環を分子内に有する様々なアニオン性有機分子を、*in-situ*イオン交換法によりハイブリッドヘリックスに導入することを試みた。硝酸イオン(NO_3^-)を用いた場合、FT-IRスペクトル測定により酒石酸イオン由来の主要赤外吸収帯(1611 cm^{-1} ($\nu_s\text{CO}_2$), 1383 cm^{-1} ($\nu_s\text{CO}_2$), 1340 cm^{-1} ($\delta\text{C}^*\text{H}$))の消失により、*in-situ*イオン交換により酒石酸イオンがほぼ完全に除去されたことが確認された。この結果は、酒石酸イオンがほぼ完全に NO_3^- イオンに置き換わったことを示唆する。興味深いことに、ハイブリッドヘリックス内に導入された NO_3^- イオンの赤外吸収帯($1400-1300\text{ cm}^{-1}$)および紫外吸収帯(220 nm付近)において、円二色性(CD)および振動円二色性(VCD)シグナルがそれぞれ観測された。この結果は、ホスト側であるハイブリッドヘリックスが、アキラルなアニオンである NO_3^- イオンにキラリティを誘起したことを示すものである。同様の *in-*

situ イオン交換法にて、チオシアン酸イオン(SCN^-)、タングステン酸(WO_4^{2-})、クロム酸(CrO_4^-)、過マンガン酸(MnO_4^-)など、様々な元素をアニオンとしてヘリックスに複合化できることが明らかになった。また、ピレン誘導体やポルフィリン誘導体など、芳香環を分子内に有する様々なアニオン性有機分子においても、同様の *in-situ* イオン交換法にてハイブリッドヘリックス内に導入することを明らかにした。これら全てのアニオンにおいて、相当する吸収帯における誘起 CD シグナルが確認された (*Chirality* **2021**, *33*, 494-505.)。

(2) ヘリカルナノシリカの作製・ライブラリ化 (元素をナノ粒子として複合化)

ヘリックスの屈折率制御を志向した各種元素の複合化手法として、金属原子からなるナノ粒子をヘリカルナノシリカに被覆するアプローチも試みた。熱メタノールによる洗浄操作により、ヘリカル構造を構築するために鋳型として用いた 16-2-16 tartrate の分子集合体を除去し、ヘリカルナノシリカを得た。3-aminopropyl-triethoxysilane (APTES) を用いてヘリカルナノシリカ表面をアミノ基で修飾し、 CsPbBr_3 ペロブスカイトナノ結晶のトルエン分散液と混合することにより、 CsPbBr_3 ペロブスカイトナノ結晶を表面に被覆したヘリカルナノシリカ (PNCs-silica nanohelix) を得た。PNCs-silica nanohelix のコロイド溶液をガラス基板上で乾燥させることにより、透明性の高いフィルム状成型体を得た。得られたフィルムは右巻きの silica nanohelix を用いた場合は左円偏光発光を、左巻きの silica nanohelix を用いた場合は右円偏光をそれぞれ示すことがわかり、silica nanohelix を無機キラル源とする選択的円偏光吸収 (CD) 及び円偏光発光 (CPL) の発現に成功した。また興味深い事に、コロイド溶液状態では CPL を示さないこと、CPL を示す固体フィルムを溶媒 (トルエン) に浸けると CPL を示さず、再度乾燥させると CPL が復元することがわかった。この現象について、斜入射小角 X 線散乱法 (GISAXS) や透過型電子顕微鏡観察 (TEM) を駆使した 3次元構造評価を行った結果、固体フィルム中では PNCs の粒子間距離が近く ($< 1-2$ nm)、silica nanohelix に沿って PNCs がスパイラル配列構造を形成していることが明らかになった。一方、コロイド溶液中では PNCs の粒子間距離が比較的遠く ($> 5-6$ nm)、スパイラル配列構造を形成していないことが確認された。Coupled Dipole Method (CDM) によるシミュレーションを行ったところ、PNCs の粒子間距離が 1 nm から 4 nm へと遠くなると CD 信号が 10% 以下に低下する結果となり、実験結果を裏付けた。本研究で明らかにした現象は、物理的安定性の高い無機材料からなる高輝度 CPL 変換材料の開発において、重要な設計指針となることが期待される (*Nano Lett.* **2020**, *20*, 8453-8460.)。さらに、 CsPbBr_3 ペロブスカイトナノ結晶の代わりに、粒子サイズや形状 (球状/ロッド状) が異なる様々な CdSe ナノ結晶を、ツイストリボン状およびヘリカルリボン状のナノシリカに複合化させた際の誘起 CD について、実験および CDM シミュレーションにて調査を行った (*ACS Nano* **2021**, *15*, 16411-16421.)。

(3) マクロに等方的なヘリカルナノシリカ成型体およびキラルな透明シリカガラスの作製・光学異方性評価

鋳型として用いた 16-2-16 tartrate の分子集合体を除去したヘリカルナノシリカのコロイド溶液を、quartz 基板上で乾燥させることにより、無色透明のフィルム状成型体を得た。表面および断面 SEM 観察により、今回行った全ての作製条件において quartz 表面は silica nanohelix でマクロなレベルで完全に被覆されていることを確認した。得られたフィルムを用いて、透過 CD スペクトル測定を行ったところ、右巻きの silica nanohelix を用いて成型したフィルムは正のコットン効果を、左巻きの場合は負のコットン効果をそれぞれ示した。特に 250 nm 以下において非常に大きな g 値 ($> 10^{-2}$) を示した。拡散反射 CD (DRCD) スペクトル測定を含めた詳細な検討により、測定領域 (200-700 nm) においてほぼ吸収を示さず、観測された CD は左右円偏光の光散乱の差に由来することがわかった。また、この基板を 900 °C で焼成して得たキラルな透明シリカガラスにおいても、顕著な CD シグナルが観測され、非常に大きな g 値が維持された。光散乱は屈折率差がある際に生じる現象であることから、作製したヘリカルナノシリカ成型体およびキラルな透明シリカガラスは空気との界面において、左右の円偏光の屈折率差が異なる、すなわち円偏光複屈折 (circular birefringence) を示す材料であることが示唆される。用いる silica nanohelix 形状がキラル光散乱 (Chiral optical scattering: COS) に及ぼす影響を調査するために、ツイストおよびヘリカルリボン状のシリカを用いて作製したフィルム状成型体の CD 測定を行ったところ、ツイストリボン形状よりもヘリカルリボン形状の方が観測される CD シグナルが大きく、 g 値も大きいことがわかった。実験により得られたこれらの結果は、入射光に対して垂直方向に silica nanohelix を 1 本配置した際の Boundary Element Method (BEM) によるシミュレーション結果とよく一致した。また、入射光に対して並行方向、すなわち基板の面外方向に silica nanohelix を 1 本配置した際は、垂直方向 (すなわち面内方向) に対して CD シグナルの符号が逆になることがわかった。このシミュレーション結果は、quartz 上の silica nanohelix 層厚さがおよそ 0.35 μm (50 $\mu\text{g cm}^{-2}$) の (すなわち面内方向の silica nanohelix の存在割合が多い) 時には最大 g 値を示し、1 μm (100 $\mu\text{g cm}^{-2}$) を超える (すなわち面外方向の silica nanohelix の存在割合が増える) と g 値が小さくなるという実験結果を支持した。 (*Chem. Commun.* **2021**, *57*, 12024-12027.)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Dedovets Dmytro, Martin Barbara, Okazaki Yutaka, Buffeteau Thierry, Pouget Emilie, Oda Reiko	4. 巻 32
2. 論文標題 Hierarchical chirality expression of gemini surfactant aggregates via equilibrium between chiral nucleotide and nonchiral mono anions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chirality	6. 最初と最後の頁 949 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chir.23230	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 Ryu Naoya, Kawaguchi Tsutomu, Yanagita Hiroshi, Okazaki Yutaka, Buffeteau Thierry, Yoshida Kyohei, Shiroasaki Tomohiro, Nagaoka Shoji, Takafuji Makoto, Ihara Hirotaka, Oda Reiko	4. 巻 56
2. 論文標題 Chirality induction on non-chiral dye-linked polysilsesquioxane in nanohelical structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7241 ~ 7244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02224A	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 Liu Peizhao, Chen Wei, Okazaki Yutaka, Battie Yann, Brocard Lysiane, Decossas Marion, Pouget Emilie, Müller-Buschbaum Peter, Kauffmann Brice, Pathan Shaheen, Sagawa Takashi, Oda Reiko	4. 巻 20
2. 論文標題 Optically Active Perovskite CsPbBr ₃ Nanocrystals Helically Arranged on Inorganic Silica Nanohelices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 8453 ~ 8460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.0c02013	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 Gao Jie, Okazaki Yutaka, Pouget Emilie, Nlate Sylvain, Kauffmann Brice, Artzner Franck, Buffeteau Thierry, Oda Reiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Slow kinetic evolution of nanohelices based on gemini surfactant self-assemblies with various enantiomeric excess; chiral segregation towards a racemic mixture	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	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) 10.1039/d0qm00989j	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 該当する

1. 著者名 Harada Tomoyuki, Yanagita Hiroshi, Ryu Naoya, Okazaki Yutaka, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Nagaoka Shoji, Ihara Hirotaka, Oda Reiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Lanthanide ion-doped silica nanohelices: helical inorganic network acts as chiral source for metal ions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	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) 10.1039/D1CC01112J	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 Yasuda Takumi, Maeda Yuki, Matsuzaki Kenta, Okazaki Yutaka, Oda Reiko, Kitada Atsushi, Murase Kuniaki, Fukami Kazuhiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Spontaneous Symmetry Breaking of Nanoscale Spatiotemporal Pattern as the Origin of Helical Nanopore Etching in Silicon	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 48604 ~ 48611
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b18025	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 Haruko Tobata, Koyuki Nagashima, Yutaka Okazaki, Takashi Sagawa	4. 巻 2
2. 論文標題 Chiral stacking of cyanine or porphyrin as cationic fluorescent dyes in the presence of anionic polysaccharide of hyaluronic acid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SN Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42452-020-2049-0	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 Maeda Yuki, Yasuda Takumi, Matsuzaki Kenta, Okazaki Yutaka, Pouget Emilie, Oda Reiko, Kitada Atsushi, Murase Kuniaki, Raffy Guillaume, Bassani Dario M., Fukami Kazuhiro	4. 巻 114
2. 論文標題 Common mechanism for helical nanotube formation by anodic polymerization and by cathodic deposition using helical pores on silicon electrodes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry Communications	6. 最初と最後の頁 106714 ~ 106714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elecom.2020.106714	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 該当する

1. 著者名 Scalabre Antoine, Okazaki Yutaka, Kuppan Balamurugan, Buffeteau Thierry, Caroleo Fabrizio, Magna Gabriele, Monti Donato, Paolesse Roberto, Stefanelli Manuela, Nlate Sylvain, Pouget Emilie, Ihara Hirotaka, Bassani Dario M., Oda Reiko	4. 巻 33
2. 論文標題 Chirality induction to achiral molecules by silica coated chiral molecular assemblies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chirality	6. 最初と最後の頁 494 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chir.23339	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 Liu Peizhao, Battie Yann, Decossas Marion, Tan Sisareuth, Pouget Emilie, Okazaki Yutaka, Sagawa Takashi, Oda Reiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Chirality Induction to CdSe Nanocrystals Self-Organized on Silica Nanohelices: Tuning Chiroptical Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 16411 ~ 16421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c05819	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 Liu Peizhao, Battie Yann, Okazaki Yutaka, Ryu Naoya, Pouget Emilie, Nlate Sylvain, Sagawa Takashi, Oda Reiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Chiral optical scattering from helical and twisted silica nanoribbons	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12024 ~ 12027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC04200A	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 該当する

1. 著者名 Takada Masatsugu, Okazaki Yutaka, Kawamoto Haruo, Sagawa Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Tunable Light Emission from Lignin: Various Photoluminescence Properties Controlled by the Lignocellulosic Species, Extraction Method, Solvent, and Polymer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 5096 ~ 5103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c06104	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 該当する

1. 著者名 Ryu Naoya, Harada Tomoyuki, Okazaki Yutaka, Yoshida Kyohei, Shiroasaki Tomohiro, Oda Reiko, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Ihara Hirotaka, Nagaoka Shoji	4. 巻 3
2. 論文標題 Co-assembling system that exhibits bright circularly polarized luminescence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 3123 ~ 3127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2MA00002D	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21件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Yutaka Okazaki
2. 発表標題 Chirality induction from nanohelix to monoatomic ions, molecules, and nanoparticles
3. 学会等名 6th International Symposium on Engineering and Society in Energy Science (ISESES2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡崎豊、Buffeteau Thierry, Oda Reiko、龍直哉、佐川尚、伊原博隆
2. 発表標題 多段階キラリティ伝達のための分子集合ヘリカルナノ繊維の開発
3. 学会等名 第68回高分子年次会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Peizhao Liu, Yutaka Okazaki, Emilie Pouget, Takashi Sagawa, Reiko Oda
2. 発表標題 Asymmetric Optical Properties of Perovskites CsPbBr ₃ Nanocrystals after Oriented Attachment on the Surface of Silica Nanohelices
3. 学会等名 第68回高分子年次会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Okazaki
2. 発表標題 Crystalline-state lipid bilayer-based nanohelices for chirality induction and transfer
3. 学会等名 2nd Nucleation & Growth Research Conference (NGRC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Okazaki, Naoya Ryu, Thierry Buffeteau, Emilie Pouget, Sylvain Nlate, Takashi Sagawa, Hirotaka Ihara, Reiko Oda
2. 発表標題 Detection of chiralized monoatomic anions using molecular assembled nanohelices as UV-transparent chiral template
3. 学会等名 The 31th International Symposium on Chirality (Chirality 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Ryu, Tomoyuki Harada, Shoji Nagaoka, Yutaka Okazaki, Reiko Oda, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Chirality Induction in Rare Earth-Silica Nanohybrids Prepared by Templating Amphiphile-Dye Supramolecular Assemblies
3. 学会等名 The 31th International Symposium on Chirality (Chirality 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Nakaya, Yutaka Okazaki, Jie Gao, Takashi Sagawa, Reiko Oda
2. 発表標題 Chiral gold nanoparticles synthesized in chiral nanospace constructed by molecular assembled nanohelices
3. 学会等名 The 31th International Symposium on Chirality (Chirality 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyohei Yoshida, Maino Kaziwara, Yutaka Okazaki, Jerome Lacour, Lapeyre Veronique, Francesco Zinna, Sojic Neso, Valerie Ravaine, Reiko Oda
2. 発表標題 CPL switching system utilizing microgel of pNIPAM functionalized by Ru(bpy) ₃ and phenylboronic acid
3. 学会等名 The 31th International Symposium on Chirality (Chirality 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Okazaki
2. 発表標題 Induced chirality of monoatomic anions detected by middle UV-transparent molecular assembled nanohelices
3. 学会等名 Symposium on Exploring Broadband Energy Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎 豊、中谷 真大、Thierry Buffeteau、Emilie Pouget、蜂谷 寛、佐川 尚、佐川 尚、小田 玲子
2. 発表標題 分子集合ナノヘリックスを不斉源とする無機アニオンへのキラリティ誘起
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷 真大、岡崎 豊、Jie Gao、Emilie Pouget、蜂谷 寛、佐川 尚、小田 玲子
2. 発表標題 シリカ被覆された分子集合ナノヘリックス中で作製した金ナノ粒子のキラリティの評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎 豊
2. 発表標題 直線偏光発光からの偏光変換による高純度円偏光の生成
3. 学会等名 The 9th IROAST Symposium on Nano-organics and Nano-hybrids (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田昌嗣、岡崎豊、河本晴雄、佐川尚
2. 発表標題 リグニンの発光特性：樹種、抽出法、溶媒及びポリマーによる発光特性の制御
3. 学会等名 第30回日本エネルギー学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田昌嗣、岡崎豊、河本晴雄、佐川尚
2. 発表標題 リグニンからの発光材料の創製：樹種、抽出法、溶媒及びポリマーによる発光特性の制御
3. 学会等名 第66回リグニン討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Okazaki, Thierry Buffeteau, N. Ryu, R. Oda
2. 発表標題 Chiral Signal Amplification of Siloxane Network in Helical Nanometric Silica
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Oda, E. Pouget, S. Nlate, Y. Okazaki
2. 発表標題 Chiral molecules to organic-inorganic chiral functional nanoobjects
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 P. Liu, E. Pouget, Y. Okazaki, T. Sagawa, R. Oda
2. 発表標題 Chiral shape of perovskite nanocrystals synthesized via supersaturated recrystallization inside of chiral porous silica ribbons
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Poly, M. Nakaya, Y. Okazaki, Y. Battie, O. Ersen, W. Baaziz, E. Pouget, K. Murase, K. Fukami, R. Oda
2. 発表標題 Chiroptical Properties of Gold Nanostructures Synthesized in the Nanocavity of Helical Silica
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Tsukamoto, M. Kimura, Y. Okazaki, T. Sagawa
2. 発表標題 Fabrication of Circular Polarization Converter using Linearly Polarized Luminescent Transparent Polymer Films
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Kimura, K. Tsukamoto, Y. Okazaki, T. Sagawa
2. 発表標題 One Dimensional Alignment of Colloidal Semiconductor Quantum Rods for Generation of Highly-pure Circularly Polarized Light
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Takada, Y. Okazaki, H. Kawamoto, Y. Sagawa
2. 発表標題 Photoluminescence and chiroptical properties of various lignins in solvents
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 円偏光素子及びそれを用いた照明装置	発明者 岡崎豊, 木村美咲, 赤瀬川怜, 塚本桂 大, 蜂谷寛, 佐川尚	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-194157	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 リグニン含有蛍光液およびリグニン含有蛍光材料	発明者 高田昌嗣, 岡崎豊	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-122045	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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

フランス	CNRS	University of Bordeaux	University of Lorraine	
ドイツ	Technical University of Munich			
フランス	CNRS	University of Bordeaux		