

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：14301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2020～2023

課題番号：20KK0122

研究課題名（和文）時空間パターン形成化学とキラル分子化学の国際連携・融合研究

研究課題名（英文）International and Interdisciplinary Research in Chemistry between Spatiotemporal Pattern Formation and Molecular Chirality

研究代表者

深見 一弘（Fukami, Kazuhiro）

京都大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60452322

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,300,000円

研究成果の概要（和文）：ボルドー大学の研究者らとのキラルナノ材料に関わる共同研究を推進した。特に時空間パターン形成のような自己組織化にもとづく金属ナノヘリックスや半導体ヘリカルナノポアなどの材料開発とその特性評価を進めた。具体的には、ポーラスアルミナをテンプレートとした合金電析による金属ナノヘリックスの自己組織化研究、Pt触媒により形成したSiのらせん状ナノポアからのフォトルミネッセンス測定、時間変化する円偏光スペクトルパターンの生成とその読み出しの3つの課題に取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本国際共同研究プロジェクトでは、時空間パターン形成化学とキラル分子化学の境界領域の開拓を目指し、京都大学を中心とする国内グループとボルドー大学（フランス）の研究者との国際連携を推進した。コロナ禍の後、研究代表者や研究分担者の若手研究者、ならびに大学院生がボルドー大学を訪問し、実際に実験を進めることで特に若手研究者のエンカレッジにつながり、国際共著論文を複数発表するなど、高い評価を得た。

研究成果の概要（英文）：We have promoted collaborative research on chiral nanomaterials with researchers between Kyoto University, University of Hyogo, and at University of Bordeaux. In particular, we have developed materials such as metal nanohelices and helical nanopores on the surface of semiconductors based on self-organization such as spatiotemporal pattern formation, and have evaluated their properties. Specifically, we have conducted three projects: research on the self-organization of the electrodeposition of metal nanohelices using porous alumina as a template, measurement of photoluminescence from helical Si nanopores formed by Pt catalyst, and generation and readout of time-varying circularly polarized light spectrum patterns.

研究分野：電気化学、物理化学

キーワード：キラリティ 金属ナノヘリックス 半導体ヘリカルナノポア

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

らせん状微細構造は円偏光発光や反射といった新たな光マネジメントのための材料として注目されている。らせん状微細構造形成にはキラル分子を前駆体とした分子集合体の形成によるボトムアップ型のアプローチと、斜め蒸着法のようなドライプロセスによるトップダウン型のアプローチがとられる。ボトムアップ型アプローチでは分子レベルで緻密な構造体が作製できるものの、 $\text{sub-}\mu\text{m}$ 以上のサイズではらせん状構造の形成精度が急激に低下することが課題となっている。一方、トップダウン型アプローチでは大面積でらせん状微細構造が基板表面に作製できること、らせん状微細構造が基板に直立した状態で作製できる点が利点として挙げられる。一方、微細化には限界があり、 $\text{sub-}\mu\text{m}$ 以下のサイズでは各々のらせん構造のピッチ、らせん半径などの構造的因子にばらつきが生じ、作製精度が急激に低下する。このような背景から、 $\text{sub-}\mu\text{m}$ のスケールでらせん状構造体を精密に作製する第三の作製手法が強く求められていた。

円偏光は、どの角度から見ても変わることのない「光伝搬における偏光面の回転の向き(右 or 左)」として偏光情報を運ぶため、移動物体間での光情報授受に有利とされている。また、発光機構を活用して円偏光を生成する場合、光強度(明るさ)、スペクトル形状(色)、偏光情報(右 or 左)に加えて、発光寿命に基づく時間情報をパラメータに追加することができる。そのため、各パラメータ(光強度、スペクトル形状、偏光、発光寿命)を自在に制御できる円偏光生成技術は、偏光を利用する高度な認証システム実現のためのコア技術として期待されている。しかしながら、既存の円偏光生成法では、上記の各パラメータを独立に制御することは困難であり、この技術的ボトルネックを解決する新たなアプローチが切望されていた。

2. 研究の目的

我々は電気化学手法による材料表面加工に取り組んでおり、これまでに Pt ナノ粒子触媒を用いた Si の陽極酸化反応(局部腐食反応)において時空間パターン形成がみられること、その自己組織化によってらせん状ナノポアが得られることを明らかにしてきた。このような自己組織化現象により得られるらせん状ナノ構造は広く一般の電気化学表面加工でみられるのか、自己組織化により作製したキラルナノ構造はキラリティによる物性を発現するのかといった課題について、キラル分子化学の国際研究拠点であるボルドー大学の研究者らと連携研究を進め、時空間パターン形成を基礎とする化学とキラル分子化学の国際連携による融合研究領域開拓を目指した研究を推進した。

具体的な取り組みとしては、ポーラスアルミナをテンプレートとした合金電析による金属ナノヘリックスの自己組織化研究、Pt 触媒により形成した Si のらせん状ナノポアからのフォトルミネッセンス測定、時間変化する円偏光スペクトルパターンの生成とその読み出しの 3 つの課題に取り組んだ。

3. 研究の方法

ポーラスアルミナをテンプレートとした合金電析では、市販のポーラスアルミナメンブレン(孔径 200 nm)の片面に金属 Au を蒸着して作用極とした。ポア内部にめっき液を注ぎ、一般的な三電極法による Pd-Cu 電析を行った。Pd-rich 相と Cu-rich 相へ相分離する条件で電析を行い、電析後に Cu-rich 相を化学溶解させた。次にポーラスアルミナを化学溶解除去し、電析物を回収、FE-SEM、STEM-EDS 等の分析を行った。

Si のらせん状ナノポアからのフォトルミネッセンス測定では、Pt ナノ粒子を用いて高抵抗 p 型シリコンのエッチングを行い、垂直ポアまたはらせん状ポアを有する基板を作製した。基板の劈開後、樹脂埋め・研磨を行い、断面試料を作製した。ボルドー大学が保有する蛍光顕微鏡システムを用いて、基板断面に 365 nm の紫外光を照射し、フォトルミネッセンスの観察を試みた。

時間変化する円偏光スペクトルパターンの生成とその読み出し研究では、発光寿命が異なる 2 種類の直線偏光発光 (LPL) フィルムと $\lambda/4$ 位相差フィルムを用いて、LPL フィルムの偏光軸と $\lambda/4$ 位相差フィルムの fast 軸のなす角 ($+45^\circ$ or -45°) を選択することで、鏡像対称性が破れた発光性積層フィルム「多層型発光式円偏光コンバータ」を作製した。パルス励起光の照射で生成される円偏光スペクトルの時間変化を、円偏光検出セットアップを組み合わせた時間分解発光スペクトル測定にて評価することにより、時間変化する円偏光スペクトルパターンの読み出しを試みた。

4. 研究成果

平滑電極を用いた Pd-Cu 合金電析では、電極表面に図 1a に示すスパイラル状のパターンが形成し、これが時間発展的に伝播していくことをリアルタイム観察することに成功した。断面の STEM-EDS 観察から、この伝播性のパターンは Pd-rich 相と Cu-rich 相が交互に伝播してくる自己組織化プロセスによるものと分かった。次に、この時空間パターン形成を孔径 200 nm のシリンダー状ナノポアに閉じ込めた場合、どのようにパターンが伝播するか検討した。電析後に Cu-rich 相を化学溶解させ、テンプレートを除去してから SEM 観察を行ったところ、Pd-rich 相がナノらせん状に自己組織化することが分かった (図 1b)。この金属ナノらせん構造は系内にキラリティを誘発するような化学物質を含まないにも関わらず、自己組織化により形成する。種々の電気化学測定と QCM 測定を併用し、自己組織化のメカニズムを定量的に考察し、反応拡散系に立脚したナノらせん構造形成のモデルを提案した。この作製手法は従来のナノらせん構造形成の常識を覆す結果であり、材料工学的アプローチによる新しいキラル材料加工法といえる。

次に、らせん状ナノポアをもつポーラス Si からのフォトルミネッセンス測定に取り組んだ。Pt 触媒を用いた Si エッチングの条件を変化させ、直線状のナノポアおよびらせん状のナノポアを自己組織化により作製した (図 2)。蛍光顕微鏡によりエッチング後の基板断面を観察すると、垂直ポアおよびらせん状ポア周縁部のポーラス層からフォトルミネッセンスが検出された。フォトルミネッセンスの偏光測定を行い、顕微鏡画像のピクセルごとに偏光パラメータを算出した。加えて、試料の角度を回転させて偏光測定を行った。その結果、ポア周縁部のポーラス層の発光には強い直線偏光の成分が含まれていることがわかった。これは、ポア周縁部に細長い楕円状のナノ結晶が存在することを示唆している。一方で、直線偏光成分が強いことや装置のアーチファクトにより、円偏光成分を検出するには至らなかった。今後、検出感度の向上やアーチファクトの補正、ポアの構造制御に取り組むことで、円偏光発光を検出できる可能性がある。また、Pt 直下のエッチングと

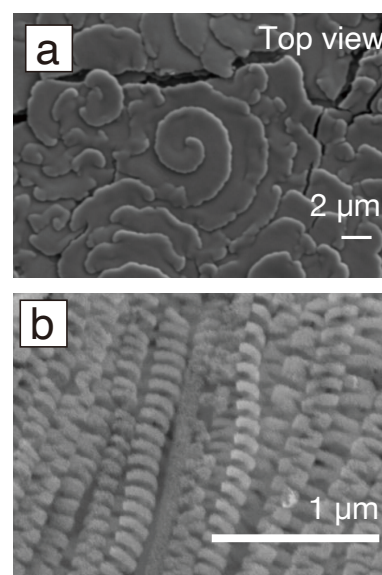


図 1. (a) 平滑電極を用いて電析した Pd-Cu 合金の FE-SEM 像。スパイラル状のパターン形成がみられ、Pd-rich 相と Cu-rich 相に相分離している。(b) ポーラスアルミナメンブレンをテンプレートに用いた Pd-Cu 電析で得られる Pd-rich 相の自己組織化ナノらせん構造。

同時にポア周縁部や基板表面にポーラス層が形成されるメカニズムを検討するために、エッチング液中でシリコンおよび Pt 担持シリコンの分極曲線を測定した。その結果、Pt の担持によってエッチング反応の部分カソード電流が増加し、混成電位が貴にシフトする、すなわち、シリコン基板がアノード分極

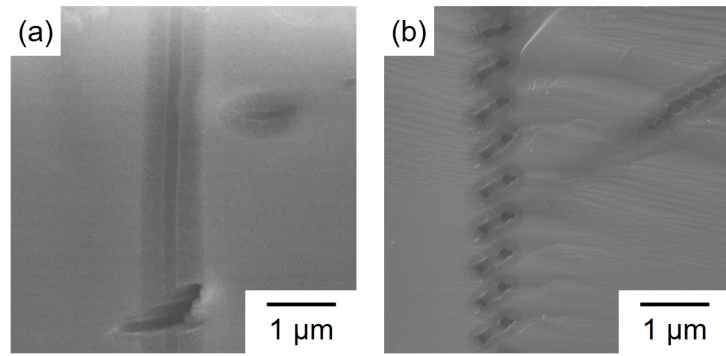


図 2. Pt ナノ粒子により Si ウエハ中に作製した (a) 垂直ポアおよび (b) ヘリカルポアの断面。

されることでポーラス層が形成されることがわかった。また、垂直ポアの長さや基板表面に形成されるポーラス層の厚さの関係がシリコンの抵抗率や導電型、エッチング液の組成によって変化することを示した。

時間変化する円偏光スペクトルパターンの生成とその読み出しに関する検討では、蛍光寿命が短い発光体として発光性ポリマー (MEH-PPV) を、蛍光寿命が長い発光体として CdSe/CdS コアシェル型量子ロッド (QR) を、それぞれ選定した。発光体とエチレン酢酸ビニルコポリマー (EVA) と混合した発光体/EVA 複合フィルムを作製し、得られた複合フィルムを延伸することにより、MEH-PPV および QR を含む LPL フィルム (LPL_{MEH-PPV} および LPL_{QR}) を作製した。LPL_{MEH-PPV} フィルムの極大発光波長 586 nm における発光の直線偏光度 (P_{LP-lum}) は 0.88 かつ蛍光寿命は 0.3 ns であった。一方、LPL_{QR} フィルムの極大発光波長 607 nm における P_{LP-lum} は 0.68 であり、蛍光寿命は LPL_{MEH-PPV} フィルムのおよそ 40 倍長い 12 ns であった。両フィルムを用いて LPL_{MEH-PPV} - LPL_{QR} - $\lambda/4$ の順に積層することにより、多層型発光式円偏光コンバータを作製した。円偏光セットアップを備えた蛍光寿命測定装置を用いて、多層型発光式円偏光コンバータに 470 nm の非偏光パルス光を照射した際の円偏光スペクトルの時間変化を測定することにより、円偏光スペクトル形状が観測時間によって変化していく様子を捉えることに成功した (図 3)。

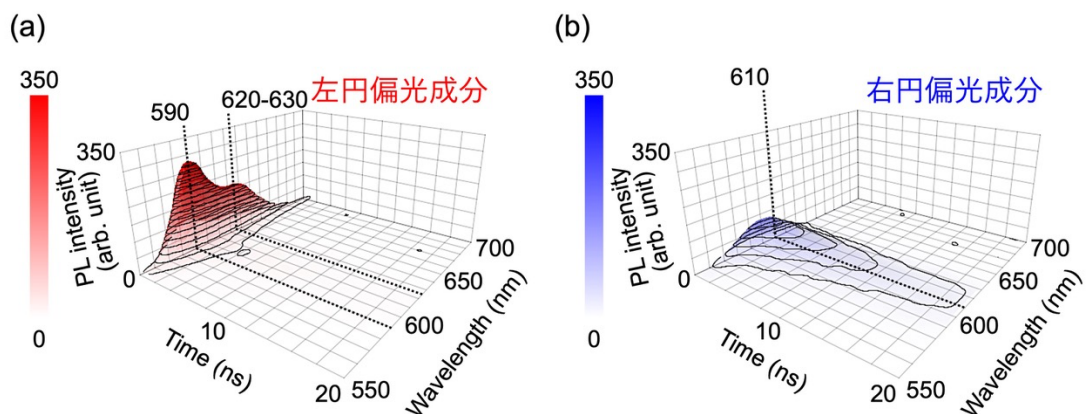


図 3. LPL_{MEH-PPV} - LPL_{QR} - $\lambda/4$ の順に積層して作製した多層型発光式円偏光コンバータから生成される左右円偏光の時間変化。LPL_{MEH-PPV} および LPL_{QR} の偏光軸はそれぞれ垂直および水平、 $\lambda/4$ フィルムの fast 軸は検出器側から見て 45° に合わせたときの結果。赤色および青色は、それぞれ左および右円偏光成分を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nakata Masahiro, Yasuda Takumi, Miyamoto Masayuki, Kitada Atsushi, Okazaki Yutaka, Oda Reiko, Murase Kuniaki, Fukami Kazuhiro	4. 巻 23
2. 論文標題 Production of Noble-Metal Nanohelices Based on Nonlinear Dynamics in Electrodeposition of Binary Copper Alloys	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 462 ~ 468
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.nanolett.2c03512	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 Okazaki Yutaka, Kimura Misaki, Hachiya Kan, Sagawa Takashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Luminescence-based circular polarization converters: polarization conversion of linearly polarized photoluminescence from one-dimensionally aligned quantum rods using retardation films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 935 ~ 942
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2TC03955A	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 Matsumoto Ayumu, Azuma Kyohei, Furukawa Kyohei, Nishinaka Rin, Yae Shinji	4. 巻 169
2. 論文標題 Composite Porous Structure Formation by Platinum-Particle-Assisted Etching of a Highly-Doped p-Type Silicon: Evaluation of Charge Flow in Silicon	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 102508 ~ 102508
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/1945-7111/ac9931	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 Ayumu Matsumoto, Kyohei Furukawa, Shun Majima, Keishi Iwamoto, Shinji Yae	4. 巻 168
2. 論文標題 Electrochemical Investigation of the Effect of Hydrogen Peroxide Concentration on Platinum-Particle-Assisted Etching of p-Type Silicon in a Hydrofluoric Acid Solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 112504
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/1945-7111/ac330e	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 Takumi Yasuda, Masahiro Nakata, Masayuki Miyamoto, Atsushi Kitada, Kuniaki Murase, Kazuhiro Fukami	4. 巻 125
2. 論文標題 Unexpected downstream mode of spatiotemporal rotating waves found in the model of H2O2 reduction on a platinum ring-shaped electrode under mild convection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 7240-7250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c01013	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28件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 橋口達希, 東 恭平, 西中 凜, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 金および銀ナノ粒子を用いたシリコンの金属援用エッチングにおける全面腐食の評価
3. 学会等名 第37回ARS三河コンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東 恭平, 西中 凜, 橋口達希, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 白金微粒子を用いた低抵抗シリコンの金属援用エッチング
3. 学会等名 第37回ARS三河コンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西中 凜, 東 恭平, 橋口達希, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 白金薄膜パターンを用いたn型およびp型シリコンの金属援用エッチング
3. 学会等名 第37回ARS三河コンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東 恭平, 西中 凜, 橋口達希, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 低抵抗シリコンの金属援用エッチングによるメソポーラス層の形成
3. 学会等名 表面技術協会第147回講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西中 凜, 東 恭平, 橋口達希, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 触媒薄膜パターンを用いたn型およびp型シリコンの金属援用エッチング メソポーラス層の分布の違い
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Shimizu, Y. Okazaki, K. Hachiya, T. Sagawa
2. 発表標題 Multilayer-type luminescence-based circular polarization converter for time-multiplexing optical information
3. 学会等名 2022 Kyoto-Ajou-Zhejiang joint symposium on Energy Science
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎豊
2. 発表標題 円偏光純度と明るさを両立させる円偏光コンバータの開発
3. 学会等名 JST新技術説明会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Okazaki, M. Kimura, T. Sagawa
2. 発表標題 One-Dimensionally Aligned Quantum Rods for Generation of Highly-Pure Circularly Polarized Light with High Light Intensity
3. 学会等名 241st ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水快樹, 岡崎豊, 蜂谷寛, 佐川尚
2. 発表標題 多層型発光性円偏光コンバータによる光情報の多重化および時間分解分光法による読み出し
3. 学会等名 応用物理学会関西支部2022年度創設75周年記念講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤瀬川怜, 岡崎豊, 塚本桂大, 蜂谷寛, 佐川尚
2. 発表標題 汎用蛍光分子の一軸配向に基づく発光型円偏光コンバータの作製と評価
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田昌宏, 安田拓海, 宮本真之, 北田 敦, 岡崎豊, Reiko Oda, 邑瀬邦明, 深見一弘
2. 発表標題 Pd-Cu 合金電析における時空間パターンのナノ空間閉じ込めによるPdナノヘリックスの自己組織化
3. 学会等名 2022電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中谷真大, Simon Poly, Zakaria Anfar, 岡崎豊, Walid Baaziz, Yann Battie, Emilie Pouget, Ovidiu Ersen, 邑瀬邦明, 深見一弘, 小田玲子
2. 発表標題 らせん状ナノ空間での湿式還元で得られる金ナノ構造体の形状制御と光学特性評価
3. 学会等名 2022電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深見一弘
2. 発表標題 陽極酸化電析を駆使した材料表面の微細加工
3. 学会等名 令和4年度 第1回表面物性研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安田拓海, 中田昌宏, 北田敦, 邑瀬邦明, 深見一弘
2. 発表標題 NH ₄ F浴を用いたSiの陽極酸化における二次元パターンの自己組織化形成
3. 学会等名 ARS2021研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Nakata, Takumi Yasuda, Atsushi Kitada, Kuniaki Murase, Kazuhiro Fukami
2. 発表標題 Fabrication of Noble Metals Nanohelices by Using Nanoconfinement of Spatiotemporal Pattern Formation during Electrodeposition
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Yasuda, Masahiro Nakata, Masayuki Miyamoto, Atsushi Kitada, Kuniaki Murase, Kazuhiro Fukami
2. 発表標題 Nonlinearity in the Mode Determination of the Chiral Spatiotemporal Pattern Observed in the H ₂ O ₂ Reduction
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Yasuda, Masahiro Nakata, Masayuki Miyamoto, Atsushi Kitada, Kuniaki Murase, Kazuhiro Fukami
2. 発表標題 Effect of Convection on Chirality of Spatiotemporal Patterns Observed in the Reduction of Hydrogen Peroxide
3. 学会等名 239th ECS meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro Fukami, Takumi Yasuda, Masahiro Nakata, Yuki Maeda, Atsushi Kitada, Kuniaki Murase
2. 発表標題 Helical nanostructure formation by nanoconfinement of spatiotemporal patterns in electrochemical reactions
3. 学会等名 239th ECS meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Simon Poly, Masahiro Nakaya, Yutaka Okazaki, Yann Battie, Ovidiu Ersen, Walid Baaziz, Emilie Pouget, Kuniaki Murase, Kazuhiro Fukami, Reiko Oda
2. 発表標題 Chiroptical Properties of Gold Nanostructures Synthesized in the Nanocavity of Helical Silica
3. 学会等名 Chiroptical Properties of Gold Nanostructures Synthesized in the Nanocavity of Helical Silica (国際学会)
4. 発表年 2021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 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro Fukami
2. 発表標題 Helical nanostructure formation in electrochemical reactions achieved by confinement of spatiotemporal patterns in nanoscale environments
3. 学会等名 International Society of Electrochemistry 2021 Annual meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西中 凜, 古川恭平, 東 恭平, 八重真治
2. 発表標題 白金薄膜パターンを用いたシリコンの金属援用エッチング n-Siとp-Siの違い
3. 学会等名 ARS2021研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東 恭平, 古川恭平, 西中 凜, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 シリコンの金属援用エッチングにより形成されるメソポーラス層 基板の抵抗率による違い
3. 学会等名 ARS2021研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東 恭平, 古川恭平, 西中 凜, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 シリコンの抵抗率による金属援用エッチング挙動の違い
3. 学会等名 2022年電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西中 凜, 古川恭平, 東 恭平, 松本 歩, 八重真治
2. 発表標題 シリコンの導電型による金属援用エッチング挙動の違い
3. 学会等名 2022年電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田昌宏, 安田拓海, 前田有輝, 北田 敦, 邑瀬邦明, 深見一弘
2. 発表標題 電析時空間パターンのナノ空間閉じ込めによる金属ナノヘリックスの自己組織化
3. 学会等名 2020年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuhiro Fukami
2. 発表標題 Self-organized production of helical nanostructures in electrochemical reactions achieved by nanoconfinement of spatiotemporal patterns
3. 学会等名 86th SCEJ International Symposium, The Leading Edge Technology of Material Structure Control for Functional Expression (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安田拓海, 前田有輝, 松崎健太, 岡崎 豊, 小田玲子, 北田 敦, 邑瀬邦明, 深見一弘
2. 発表標題 Pt触媒Siエッチングにおける時空間パターン形成がもたらすヘリカルポアの自己組織化
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

深見一弘 Publication list http://www.echem.mtl.kyoto-u.ac.jp/fukami-list1r.html 京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻 材質制御学分野 website http://www.echem.mtl.kyoto-u.ac.jp/index_fukami.html

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	岡崎 豊 (Okazaki Yutaka) (20794465)	京都大学・エネルギー科学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	松本 歩 (Matsumoto Ayumu) (30781322)	兵庫県立大学・工学研究科・助教 (24506)	

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