

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
平成 29 年度採択研究代表者

2018 年度 実績報告書

石田 康博

理化学研究所創発物性科学研究センター
チームリーダー

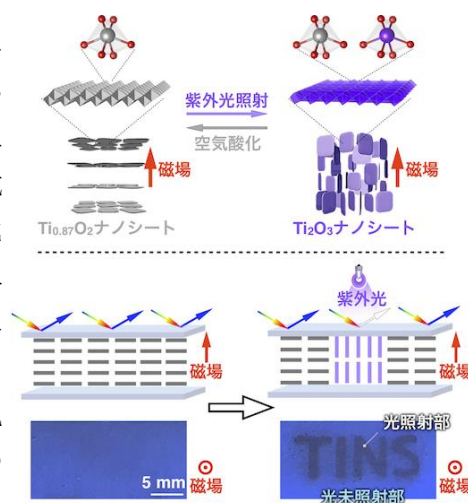
殆どが水よりなる動的フォトニック結晶の開発と応用

§ 1. 研究成果の概要

光の波長の周期を持つ構造体「フォトニック結晶」は、光の性質を操る究極のツールである。「結晶」の名の通り、通常は固体で作られる。我々は最近、99%の水に1%の酸化チタンナノシートを加えた流体が高性能のフォトニック結晶となることを見出しており、これは、従来の常識を覆す「大面積配向性・刺激応答性・生体適合性のフォトニック結晶」へ発展しうる。この発見を起点に本研究では、前例なきフォトニック結晶の基礎学理を探索、および、高品質・高感度のイメージングやセンシングなどの応用展開を図る。2018年度は、計画全体の基礎と応用とをつなぐ、下記3課題を遂行した。

課題① 動的フォトニック結晶の機構理解: 平面波伝搬マトリクス法を用い、本フォトニック結晶の光学シミュレーションを行なった。熱ゆらぎとしてナノシート面間隔にガウス分布を与え、反射スペクトルを計算したところ、実測のスペクトルと似たバンド幅のスペクトルが得られた。また、屈折率を変えた複数のナノシートに対し同じ計算を行ったところ、反射スペクトルが広く強くなることが分かった。

課題② 動的フォトニック結晶の機能向上に向けた高品位・大型ナノシートの創製: ナノシートの原料となるペロブスカイト酸化物層状結晶について、大サイズの板状結晶の合成法、ならびに、これを水中にて厚み方向に数十倍に膨潤させる手法を前年度に確立している。今年度、ここに機械的振盪を加えることで、従来法に比べ幅の大きい単層ナノシート(5~10 μm)を得ることに成功した。また、当初は計画していなかった成果として、酸化チタンナノシートの水分散液よりなる本フォトニック結晶に紫外光を照射したところ、ナノシートが自己光触媒作用により還元されてその磁性も変化し、ナノシートの磁場配向様式が「磁場に垂直」から「磁場に平行」へと転位する現象を見出した。この現象を利用し、本フォトニック結晶への光リソグラフィーによる微細加工も可能となった。



課題③ 動的フォトニック結晶のウェアラブルセンサーへの応用: 昨年度、本フォトニック結晶をヒドロゲルへと変換し、なおかつグルコース捕捉部位を導入する手法を確立しているが、本年度、このヒドロゲルの組成を最適化したところ、グルコースの濃度に応じた構造色の変化が可能となり、血中グルコース濃度を連続測定のための基盤技術が確立された。また、当初は計画していなかった成果として、上述のヒドロゲルを圧縮したところ、その構造色がひずみに応じて劇的に変わり、圧力や圧縮ひずみを可視化するセンサーとなりうることが分かった。

【代表的な原著論文】

1. Xiang Wang et al., "Reversible Switching of the Magnetic Orientation of Titanate Nanosheets by Photochemical Reduction and Autoxidation", *Journal of the American Chemical Society*, vol. 140, No. 48, pp.16396–16401, 2018
2. Koki Sano et al., "Extra - Large Mechanical Anisotropy of a Hydrogel with Maximized Electrostatic Repulsion between Cofacially Aligned 2D Electrolytes",

Angewandte Chemie International Edition, vol. 57, No. 38, pp.12508–12513, 2018

§ 2. 研究実施体制

(1) 石田グループ

① 研究代表者: 石田 康博

(理化学研究所創発物性科学研究センター チームリーダー)

② 研究項目

- ・光学分散関係の精査
- ・ナノシートの横幅制御
- ・センシング機構の確立

(2) 佐々木グループ

① 主たる共同研究者: 佐々木 高義

(物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 フェロー)

② 研究項目

- ・ナノシートの物性制御
- ・ナノシートの横幅制御
- ・ナノシートの形状制御

(3) 荒岡グループ

① 主たる共同研究者: 荒岡 史人

(理化学研究所創発物性科学研究センター チームリーダー)

② 研究項目

- ・光学分散関係の精査
- ・センシング機構の確立