

2023年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】電気磁気活性な反強磁性秩序の光検出原理の開拓

【整理番号】TK23-019

【代表機関】東北大学

【調査研究代表者(氏名)】松原 正和

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】東京大学：徳永 祐介

【TIA 外連携機関】該当なし

【報告書作成者】松原 正和

【報告書作成年月日】2024 年 4 月 14 日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

東京大学グループによりフローティングゾーン法を用いて育成された反強磁性酸化物 MnTiO_3 の純良単結晶を用い、東北大学グループが非線形光学イメージングを用いてその磁気秩序および空間構造について評価した。東北大学グループにおいて、本プロジェクトにおける中心的な役割を担った学生 1 名が博士論文を執筆し、2024 年 3 月に博士(理学)を取得した。

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

本研究では、非線形光学効果の一種である、角周波数 ω の光が 2ω の光に変換される光第二高調波発生(SHG)が、本質的に「空間反転対称性の破れ」と「時間反転対称性の破れ」の両者に敏感であるという性質に着目し、これらを高度に発展させることで多彩な機能的スピナノ構造の新しい計測・評価技術として確立することを目的とした。

東京大学グループから提供された反強磁性酸化物 MnTiO_3 に対し、SHG イメージングを用いた反強磁性秩序の検出と実空間観察を行った。 MnTiO_3 は反強磁性転移温度 65 K 以下で、電気磁気活性な反強磁性秩序である磁気トロイダル双極子・磁気単極子・磁気四極子を同一の物質中に有すると予想されている特異な物質である(図 1)。波長 800 nm のフェムト秒レーザーを照射し、また、SHG の選択則を巧みに利用することにより、これらの秩序を非破壊・非接触で検出・可視化する

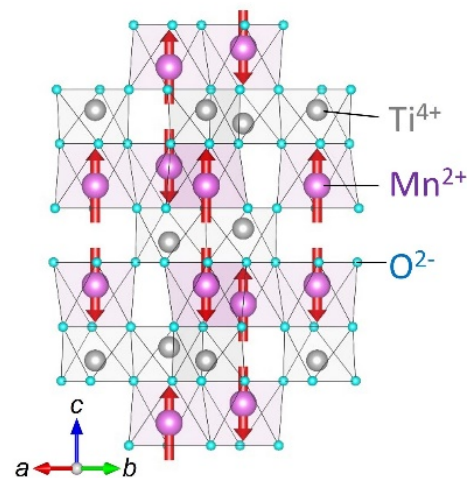


図 1 MnTiO_3 の結晶・磁気構造。

ることに成功した（図 2） [1]。また、温度の上げ下げにより毎回ドメイン構造が変化することから、反強磁性ドメインにメモリー効果がないことを明らかにした。さらに、有機半導体における極性／反極性構造の SHG 検出と機能解明にも取り組んだ[2]。

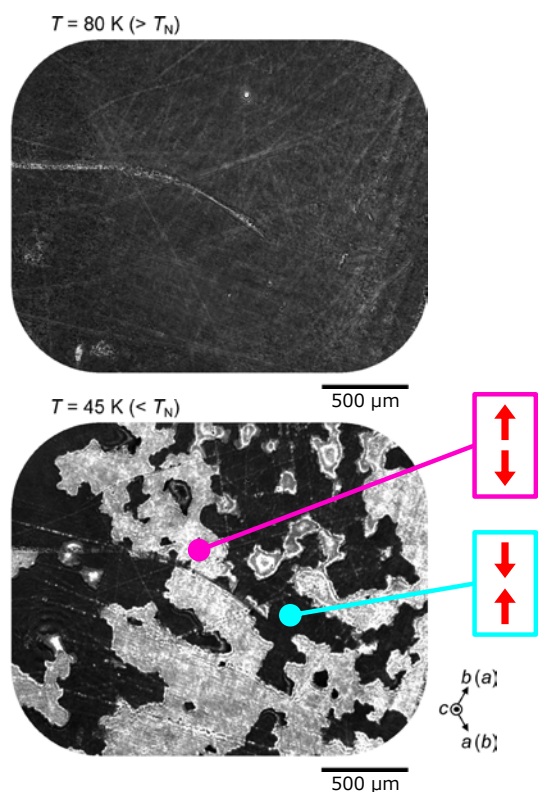


図 2 SHG を用いた、 MnTiO_3 における反強磁性ドメインの実空間観察。

- [1] D. Sekine, T. Sato, Y. Tokunaga, T. Arima, and M. Matsubara, “Second harmonic imaging of antiferromagnetic domains and confirmation of absence of ferroaxial twins in MnTiO_3 ”, Submitted.
- [2] S. Inoue, T. Higashino, K. Nikaido, R. Miyata, S. Matsuoka, M. Tanaka, S. Tsuzuki, S. Horiuchi, R. Kondo, R. Sagayama, R. Kumai, D. Sekine, T. Koyanagi, M. Matsubara, and T. Hasegawa, “Control of polar/antipolar layered organic semiconductors by the odd-even effect of alkyl chain”, *Adv. Sci.* **11**, 2308270/1-11 (2024).

2024 年 1 月 29 日プレスリリース発表「極性／半極性の半導体単結晶薄膜を作り分けられる分子技術を開発～アルキル鎖の偶奇効果により非対称分子層間の配列を自在に制御～」

【今後の活動予定】

2023 年度とはレーザーの波長を変え、サンプルの吸収係数の違いによる光の侵入長の違いを利用することで、深さ方向の反強磁性ドメイン分布を明らかにする。これにより、サンプル面内および面直方向の反強磁性ドメイン分布をもとに反強磁性ドメインの 3 次元マッピングを行い、反強磁性秩序の新しい検出・観察手法を開拓する。

【SDGs17 目標について、調査研究成果について、貢献ができると思われる項目があれば、最大3つまで☑をご記載下さい。】

研究成果に関連する SDGs 目標がある。

関連する SDGs 目標は無い

1 <input type="checkbox"/> 貧困をなくそう	2 <input type="checkbox"/> 飢餓をゼロに
3 <input type="checkbox"/> すべての人に健康と福祉	4 <input type="checkbox"/> 質の高い教育をみんなに
5 <input type="checkbox"/> ジェンダー平等を実現しよう	6 <input type="checkbox"/> 安全な水とトイレを世界中に
7 <input type="checkbox"/> エネルギーをみんなに、そしてクリーンに	8 <input type="checkbox"/> 働きがいも経済成長も
9 <input checked="" type="checkbox"/> 産業と技術革新の基盤を作ろう	10 <input type="checkbox"/> 人や国の不平等をなくそう
11 <input type="checkbox"/> 住み続けられるまちづくりを	12 <input type="checkbox"/> つくる責任、つかう責任
13 <input type="checkbox"/> 気候変動に具体的な対策を	14 <input type="checkbox"/> 海の豊かさを守ろう
15 <input type="checkbox"/> 陸の豊かさを守ろう	16 <input type="checkbox"/> 平和と公正をすべての人に
17 <input type="checkbox"/> パートナリーシップで目標を達成しよう	

以上