

未踏探索空間における革新的物質の開発  
2022 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

田畑 仁

東京大学 大学院工学系研究科  
教授

環境ゆらぎ援用革新的機能を有する酸化物材料の創製

主たる共同研究者:

川山 巖 (京都大学 大学院エネルギー科学研究科 准教授)

関 宗俊 (東京大学 大学院工学系研究科 准教授)

## 研究成果の概要

機能性酸化物材料、特に鉄系(ガーネット、スピネル型)物質を対象に、エピタキシャル薄膜成長時に 10nm 以上の領域にわたって傾斜格子歪が発生する物質系として、既報告の Sm 鉄ガーネット以外の希土類系(Eu,Lu 他)へも材料探索を拡大した。ガーネット型鉄酸化物・スピニングラス薄膜(Al 置換  $Y_3Fe_5O_{12}$  薄膜)において、結晶成長条件を最適化することにより、室温を超えるスピン凍結温度を実現し、ニューロモルフィックデバイスや脳機能模倣素子に応用する上で重要となるエージング効果、メモリ効果、および光誘起磁性を室温において観測することに成功した。また、ヘテロ接合型スピン波変調素子の開発に向けて、非ガーネット型鉄酸化物の高品質なエピタキシャル結晶薄膜を作製するための手法を開発し、この手法を用いて作製したスピネル型  $\gamma$ - $Fe_2O_3$  の薄膜において、室温でのスピン波の伝搬を実現した。

物性設計および評価に関して、異方的電荷物性評価ならびに光電荷応答による物性評価のための予備実験として、エアープラズマ広帯域テラヘルツ分光システムを用いた  $\beta$ - $Ga_2O_3$  の TO1 フォノンの振動周波数の温度依存性を計測した。またテラヘルツ放射分光により  $VO_2$  の仕事関数の定量評価、および  $Bi_2Te_3$ -Te 共晶 p-n 接合における分極構造および光電流を測定した。さらに、ガーネット構造の  $Y_3Fe_5O_{12}$  ドープ系におけるサイト選択性について第一原理計算の配置モデルを準備し、Al, Ga, In を Fe サイトに置換した場合の相対的安定性を議論した。ガラス転移温度を計算する多階層連結手法を開発し、 $Fe_3O_4$  ドープ系で精度評価を実施した。Flexoelectricity の発現機構を調べる最初のモデルとして MgO 薄膜に電場を印加し原子変位と電気分極を計算した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “TO<sub>1</sub> soft mode in Fe doped  $\beta$ - $Ga_2O_3$  studied by terahertz time-domain spectroscopy”, J. J. Appl. Phys. **62**, 018003 (2023)
- 2) “Noncontact evaluation of the interface potential in  $VO_2$ /Si heterojunctions across metal-insulator phase transition”, Appl. Phys. Lett. **122**, 041601 (2023)
- 3) “Probing photocarrier dynamics in a  $Bi_2Te_3$ -Te eutectic p-n junction with a laser terahertz emission microscope”, APL Mater. **11**, 031102 (2023)
- 4) “Short-term memory capacity analysis of  $Lu_3Fe_4Co_{0.5}Si_{0.5}O_{12}$ -based spin cluster glass towards reservoir computing”, Sci. Rep. **13**, 5260 (2023)
- 5) “Reconfigurable magnon interference by on-chip dynamic wavelength conversion”, Sci. Rep. **13**, 4872 (2023)