物質探索空間の拡大による未来材料の創製
2021 年度採択研究者

2021 年度
年次報告書

片山　司

北海道大学　電子科学研究所
准教授

誘電・光学応用に向けた新奇酸フッ化物材料の創出

§1. 研究成果の概要

従来、誘電・光学材料で用いられているセラミック材料のほとんどは酸化物材料であり、酸フッ化物材料の応用は限られていた。しかし、酸フッ化物の有する大気安定性と酸化物以上の電気絶縁性・広バンド幅は、酸フッ化物が酸化物以上の機能を誘電・光学材料分野で発揮する潜在的な力を持っていることを示している。当年度、申請者は高誘電材料の1つである層状ペロブスカイト構造ニッケル酸化物に注目し、フッ素置換による誘電特性への影響を検証した[1]。これまで層状ニッケル酸化物では、誘電体材料の用途において重要な誘電損失(tan δ)の値が高いという欠点があったが、フッ素を酸素サイトに置換することで tan δ の値が大幅に減少することを見出した(従来は 1 kHz において tan δ > 1、本研究では tan δ = 0.02-0.03)。これはフッ素導入により、Ni-X-Ni 結合(X = O or F)に大きな歪みを引き起こし、電気絶縁性が改善されたためである。また申請者はフッ素量と誘電特性の関係についても系統的に調査を行った。その結果、フッ素量が少ない時は、総アニオン量が一定で、フッ素と酸素の置換のみが起こること、一方、フッ素量が大きい領域では、総アニオン量が増大し、フッ素の挿入も起こることが分かった。またフッ素量が少ない領域の方が、電気絶縁性向上に効果的であることを見出した。当年度はその他にも新たな強誘電－反強誘電転移材料を開発した[2]。低温では反強誘電を示して自発分極を持たないのに対し、室温近傍では強誘電のため自発分極が生じるという振る舞いを示した。また、その相転移温度は膜厚により制御可能であった。また光学材料の研究も行い、光印加により反強磁性-強磁性転移を示す材料を開発した[3]。この相転移現象は数百ピコ秒という非常に短い時間での転移であり、さらに磁気相転移に伴ってスピン状態も変化することを見出した。

【代表的な原著論文情報】

1) "Improvement of electric insulation in dielectric layered perovskite nickelate films via fluorination"
T. Nishimura, T. Katayama, S. Mo, A. Chikamatsu, and T. Hasegawa,
J. Mater. Chem. C 10, 1711 (2022).

2) "Antiferroelectric-to-ferroelectric phase transition in hexagonal rare-earth iron oxides"
B. Chen, T. Hasegawa, H. Ohta, and T. Katayama,
J. Mater. Chem. C 10, 5621 (2022).

3) "Photo-induced Antiferromagnetic-ferromagnetic and Spin-state Transition in $GdBaCo_2O_{5.5}$ Thin Film"
Y. Zhang, T. Katayama, A. Chikamatsu, C. Schubler-Langeheine, N. Pontius, Y. Hirata, K. Takubo, K. Yamagami, K. Ikeda, K. Yamamoto, T. Hasegawa, and H. Wadati,
Commun. Phys. 5, 50 (2022).