

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Co置換BiFeO3の弱強磁性の起源および磁化反転の検出
Title(English)	Origin of Weak Ferromagnetism and Detection of Magnetization Reversal in Co-substituted BiFeO3
著者(和文)	イクモク
Author(English)	Koomok Lee
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第301号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:東 正樹,舟窪 浩,大場 史康,片瀬 貴義,笹川 崇男,山本 隆文
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第301号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		Lee Koomok	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	東 正樹		教授	審査員	笹川崇男	准教授
	審査員	舟窪 浩		教授		山本隆文	特定教授
		大場 史康		教授			
		片瀬貴義		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Origin of Weak Ferromagnetism and Detection of Magnetization Reversal in Co-substituted BiFeO₃ (Co 置換 BiFeO₃ の弱強磁性の起源および磁化反転の検出)」と題して英語で書かれており、Chapter 1 から Chapter 5 の計 5 章から構成されている。以下に各章毎の要点を記す。

“Chapter 1. General Introduction”では、不揮発性メモリの研究と、BiFeO₃を用いた磁気メモリの研究の現状を説明した。その上で、Co 置換 BiFeO₃ (BFCO) における、スピン構造変化による自発磁化の発現と、電場印加磁化反転現象を紹介し、電場書き込み磁気読み出しのマルチフェロイックメモリデバイスの実現に向けた要素技術を開発するという、博士論文研究の動機と目標を説明した。

“Chapter 2. Microscopic Origin of Spin State of Co and Spin Structure Change in Co-substituted BiFeO₃”では Co 置換 BiFeO₃ における Co³⁺イオンのスピン状態と、弱強磁性発現のメカニズムを理論的に解明した。第一原理計算とスピンハミルトニアンを用いたモンテカルロシミュレーションにより、強いスピン軌道相互作用を持つ高スピン Co³⁺によって導入された磁気異方性がサイクロイド変調を阻害し、弱強磁性を発現させることを示した。その上で、BiFe_{0.8}Co_{0.2}O₃ 試料中の Co³⁺が確かに高スピン状態である事を、圧力下の放射光発光分光で明らかにした。

“Chapter 3. Electric-field-induced Ferromagnetic Domain Change by Ferroelectric Topological Domain Switching in BiFe_{0.9}Co_{0.1}O₃ Nanodots”では、圧電応答顕微鏡 (PFM) と、高感度のダイヤモンド NV センター磁束計を用い、直径 190nm の BiFe_{0.9}Co_{0.1}O₃ ナノドットの強誘電・磁気ドメイン構造を調べた。面直方向の電場印加により、強誘電体トポロジカルドメインが下向き中心収束分極から上向き中心発散分極に変化することと、その際に面内および面外の磁化が反転することを明らかにした。

“Chapter 4: Fabrication of InSb Hall Sensor on BiFe_{0.9}Co_{0.1}O₃ Thin Films”では、BiFe_{0.9}Co_{0.1}O₃ の微弱な磁化反転を電氣的に検出するため、III-V 族半導体である InSb 薄膜を育成し、ホールセンサーとしての性能を検証した。17.8 %もの格子ミスマッチにもかかわらず、SrTiO₃ (STO) (6.3 nm)/BFCO (80nm) /STO (001)上への InSb 薄膜エピタキシャル成長に成功し、0.1 mT の磁化反転をホール抵抗の符号変化として検出できることを示した。

“Chapter 5. General Conclusions”では、本論文の総括を述べている。以上を総括するに、本研究では、電場書き込み磁気読み出しのマルチフェロイックメモリデバイスの実現に向けた要素技術として、まずは Co 置換 BiFeO₃ のスピン構造変化と弱強磁性発現のメカニズムを明らかにし、磁化増大の指針を示した。その上で、トポロジカルドメイン構造を持つ電気分極の 180° スイッチングに伴う磁化反転を世界で初めて観察し、面内電場印加による面直磁化反転の可能性を示したこと、その磁化反転の電氣的検出に利用可能なホールセンサー材料を開発した点で、工学上ならびに科学技術上貢献するところが大きい。よって博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。