

Mn_{4-x}Pd_xN 薄膜の磁化補償の実証および 磁気特性評価

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

電流駆動磁壁移動に用いる材料として、Mn₄Nをベースとした薄膜材料に注目している。Mn₄N薄膜はフェリ磁性で、小さな磁化 ($M_s = 80 \text{ kA m}^{-1}$) と垂直磁気異方性 ($K_u = 0.1 \text{ MJ m}^{-3}$)^[1]を有する。室温でのMn₄N細線を用いた磁壁移動実験では、スピン移行トルクによる駆動で高速な磁壁移動が確認された。また、Mnを一部Niで置換したMn_{4-x}Ni_xNでは、角運動量補償に起因したさらに高速な磁壁移動 ($3,000 \text{ m s}^{-1}$)^[2]が室温で実証された。しかし、駆動電流密度が大きすぎるという問題がある。本研究では、磁壁移動の新規材料の候補として、Mn_{4-x}Pd_xN薄膜に注目した。Mn_{4-x}Pd_xN薄膜に関する先行研究^[3]は存在するが、エピタキシャル成長の報告例は過去にない。そこで、Mn_{4-x}Pd_xNエピタキシャル薄膜の作製・評価を行い、磁化補償および磁気特性について考察した。

■ 活動内容

【実験手法】

MnとPdの固体ソースと高周波窒素プラズマを用いた分子線エピタキシー法により、膜厚25 nm程度のMn_{4-x}Pd_xN薄膜 ($x = 0.00\text{--}0.50$)をSrTiO₃(001)基板上に作製した。膜の結晶性をX線回折(Out-of-plane XRD)および反射高速電子線回折(RHEED)で評価した。さらに、室温における磁気特性および磁気構造を磁化測定、異常ホール効果(AHE)測定、X線吸収分光(XAS)測定、X線磁気円二色性(XMCD)測定で評価した。

【結果・考察】

Fig. 1にOut-of-plane XRDおよびRHEEDの測定結果を示す。面直方向に配向したMn_{4-x}Pd_xN由来のピークが観察され、RHEED像では、Mn_{4-x}Pd_xN(001)面由来のストリークが確認された。この結果から、すべての試料においてエピタキシャル成長に成功したといえる。Fig. 2(a)にVSMおよびAHEの測定結果を示す。 $x = 0.10\text{--}0.15$ において、飽和磁化(M_s)の極小、AHE測定では異常ホール角度(θ_{AHE})の反転がみられた。この結果から、磁化補償組成は $x = 0.10\text{--}0.15$ にあると考えられる。Fig. 2(b)にMn_{4-x}Pd_xN ($x = 0.0, 0.1, 0.2$)のMn-L₃吸収端のXASおよびXMCDスペクトルを示す。XASスペクトルは組成によって変化しておらず、Mnの価電子数が変化していないといえる。XMCDスペクトルには、2つのピークが現れており、 α ピークはコーナーのMn由来、 β ピークは面心のMn由来であると考えられている^[4]。Pdを

添加することで、磁気構造の急峻な変化を示唆する、 α ピークと β ピークの急激な減少が確認された。発表では、X線吸収微細構造測定と計算で得られたPdの優先置換サイトからも、Mn_{4-x}Pd_xN薄膜の構造を考察する。

■ 参考文献

- [1] T. Suemasu *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 081010 (2021).
- [2] S. Ghosh *et al.*, Nano Lett. **21**, 2580 (2021).
- [3] T. Xu *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **51**, 055303 (2018).
- [4] K. Ito *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 104401 (2020).

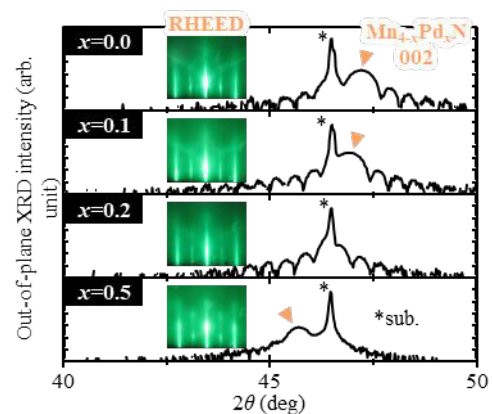


Fig. 1. Out-of-plane XRD profiles and RHEED images.

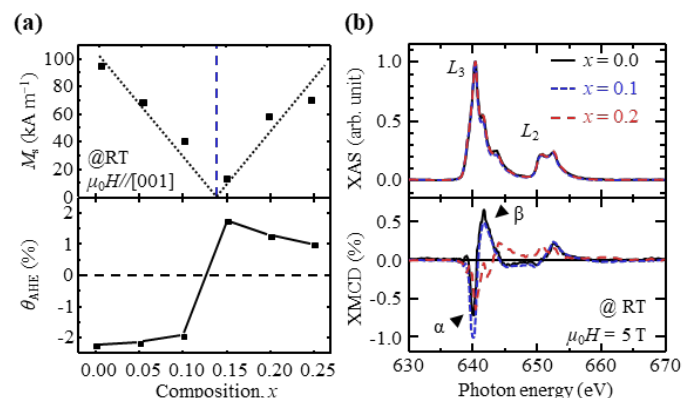


Fig. 2. (a) Composition dependence of saturation magnetization M_s and anomalous Hall angle θ_{AHE} . (b) XAS and XMCD spectra of Mn_{4-x}Pd_xN films with $x = 0.0$ (black), 0.1 (blue), and 0.2 (red).

代表発表者 秋田 宗志(あきた そうし)
所 属 筑波大学大学院 数理物質科学研究群
応用理工学学位プログラム
問合せ先 〒305-0005 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL: 029-853-5472

■キーワード: (1)窒化物
(2)エピタキシャル成長
(3)磁化補償

■共同研究者: (1)安田 智裕 筑波大学
(2)雨宮 健太 高エネ研(KEK)
(3)都甲 薫 筑波大学
(4)末益 崇 筑波大学