

室温スキルミオン $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ エピタキシャル薄膜の磁気状態図

Magnetic phase diagram of room temperature skyrmion in $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ epitaxial thin films

強 博文、富樫 宣孝、百瀬 秀平、和田 壮史、深澤 健留、羽尻 哲也、桑原 真人、浅野 秀文
名大院工

B.W. Qiang, N. Togashi, S. Momose, S. Wada, T. Fukazawa, T. Hajiri, M. Kuwahara and H. Asano
(Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.)

【はじめに】磁気スキルミオンは空間反転対称性の破れでカイラル磁性体の中に存在する磁気ナノ粒子であり、様々な起因の中で Dzyaloshinskii–Moriya (DM) 相互作用起因の磁気スキルミオンはより小さなサイズ(数 10 nm ~ 数 100 nm)と高めの動作温度(室温近傍)で大きな応用的ポテンシャルを示している。室温スキルミオンはいくつかの物質において発見されてきたが、室温動作及び微小サイズを両立出来るスキルミオン材料は未だに発見されていない。本研究が注目している充填 β -Mn 構造 Mo 窒化物は以前から $\text{Fe}_x\text{Co}_{1.5-x}\text{Rh}_{0.5}\text{Mo}_3\text{N}$ バルクにおいて 100 K でスキルミオンの発見が報告されたにもかかわらず^[1]、これまで薄膜の報告はなかった。最近、Fe と重金属(Pd, Pt)の組成調整により、交換相互作用と DM 相互作用のバランスが制御でき、スキルミオンの高キュリー温度 T_C 及び微小サイズの両立が可能と報告されている^{[2],[3]}。本研究は $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ 薄膜を用いて微小サイズ室温スキルミオンの開拓を目的とした^[3]。

【実験及び結果】エピタキシャル薄膜シリーズ $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ はマグネトロンスパッタ法により c -サファイヤ基板上に成長させた。90 K で高磁場(205 mT)及び 300 K で低磁場(20 mT)における Lorentz-TEM 像を Fig. 1 に示す。温度に依存しない小サイズ(ca. 60 nm)が観測されている。スキルミオンの磁気状態図は TEM 像及びトポロジカルホール効果のデータを組み合わせて Fig. 2 に示している。低温側に高密度のスキルミオン相(Sk-I)が現れ、350 K まで低密度のスキルミオン相(Sk-II)が伸びている。広い動作温度(低温から 350 K まで、 $T_C \sim 600$ K)でより小さなサイズ(ca. 60 nm)を同時に有するスキルミオンが生成されていることが分かった。磁気原子配置のディスオーダーに起因した不規則配列しているディスオーダースキルミオンは同じ β -Mn 構造を有する合金 Co-Zn-Mn において発見されている^[4]。本研究における 2 種類のスキルミオン相の生成には、 β -Mn 構造の不規則化が関与していると推測している。

[1] W. Li et al. Phys. Rev. B 93, 060409(R) (2016). [2] L. Kautzsch et al., Phys. Rev. Materials. 4, 024412 (2020).

[3] B. W. Qiang et al., Appl. Phys. Lett. 117, 142401 (2020). [4] K. Karube et al., Sci. Adv. 4, eaar7403 (2018).

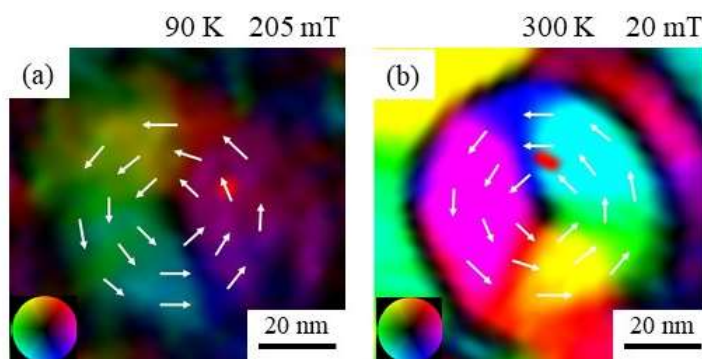


Fig. 1 Lorentz-TEM image of single skyrmion at (a) 90 K and (b) 300 K. Small white arrows show directions of in plane magnetizations at each point.

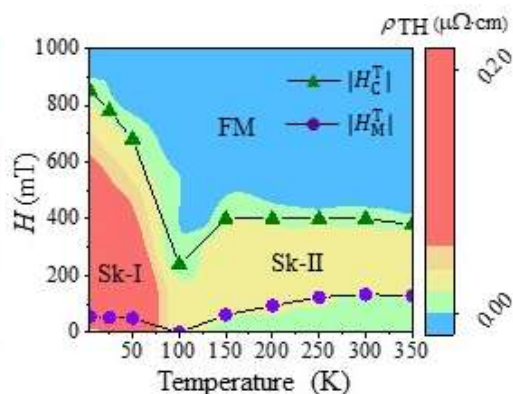


Fig. 2 The phase diagram in the H - T plane. The square and triangle symbols denote the absolute values of H_C^T and H_M^T , respectively.