

カイラル磁性体 $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ におけるトポロジカルホール効果

Topological Hall effect in $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ chiral magnet

強 博文、深澤 健留、羽尻 哲也、伊藤 孝寛、浅野 秀文

名大院工

B.W. Qiang, T. Fukasawa, T. Hajiri, T. Ito and H. Asano

(Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.)

【はじめに】実空間におけるスピンのトポロジカル構造、磁気スキルミオンも含めてトポロジカルノンコプラナー構造(topological non coplanar)と呼ぶものが、実空間でベリー位相を有することで、トポロジカルホール効果という特異な電子反乱を起こしうる¹。一方、カイラル磁性体は空間反転対称性の破れで非対称相互作用 Dzyaloshinskii-Moriya interaction (DMI)が働き、低温でスパイラル磁性になることが報告されている²。スパイラル磁気構造は磁場中でスキルミオンに転移し、ローレンズ透過型電子顕微鏡(Lorentz-TEM)からの実空間観察がスキルミオンの一般的な検出手法として確立されているが、トポロジカルスピン構造である為に、電気的な手法、トポロジカルホール効果からの検出も可能である。B-20 カイラル磁性体 MnSi におけるトポロジカルホール効果は報告されたが³、著者らによる $\beta\text{-Mn}$ カイラル磁性体 $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ においても Lorentz-TEM から室温以上までスキルミオンの存在が証明され⁴、そのトポロジカルホール効果の温度依存性について報告する。

【実験及び結果】エピタキシャル薄膜 $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ (FPMN)はマグネトロンスパッタ法により $c\text{-}$ サファイヤ基板上に成長させた。スキルミオンの有効磁場による電子散乱に由来するトポロジカルホール効果のメカニズムは Fig. 1 (a)に示す。FPMN 薄膜($x = 0.32$)における 4 K でのトポロジカルホール効果は Fig. 1 (b)に示すように、ゼロ磁場近傍の強いピークから高密度及び高有効磁場のスキルミオン相が低磁場領域に存在することが示されている($\rho_{\text{TH}}^{\text{max}} = 0.21 \mu\Omega \cdot \text{cm}$)。トポロジカルホール効果及び物質全体の電子構造を反映した通常ホール定数 R_0 の温度依存性は Fig. 1 (c)に示している。100 K 前後に $\rho_{\text{TH}}^{\text{max}}$ が急減し、符号が反転したことに、 R_0 にピークが現れている。同じ外部磁場に対し、有効磁場が逆向きの二つのスキルミオン相が出来ていると考えられる。低温(100 K 以下)側に巨大な正の有効磁場を持つ高密度の Sk-I 相、及び高温(100 K 以上、 T_c まで)側に若干弱い負の有効磁場を持つ Sk-II 相に分かれている。また、100 K における相転移のメカニズムは R_0 の挙動から考えると、温度依存の電子構造に起因したと推定できる。

[1] P. Bruno *et al.* Phys. Rev. Lett. 93, 096806 (2004). [2] S. Muhlbauer *et al.*, Science 323, 5916 (2009).

[3] A. Neubauer *et al.*, Appl. Phys. Lett. 102, 186602 (2009). [4] B. W. Qiang *et al.*, Appl. Phys. Lett. 117, 142401 (2020).

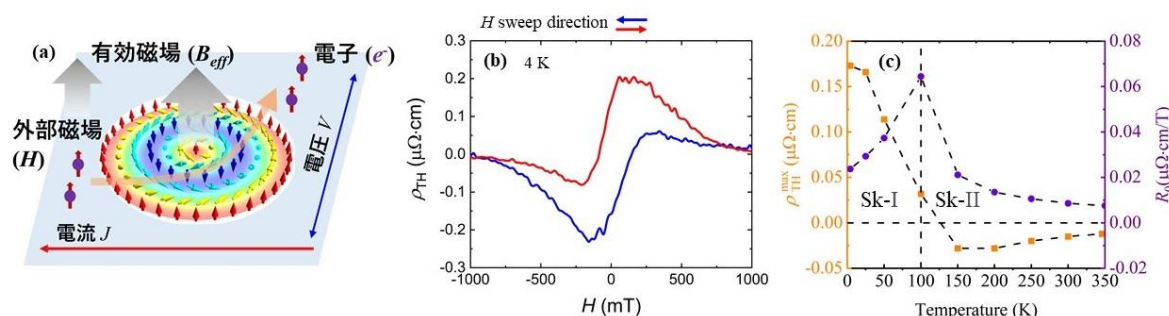


Figure 1 (a) A schematic illustration of topological Hall effect induced by magnetic skyrmion. (b) Magnetic field dependence of topological Hall resistivity, ρ_{TH} , at 4 K of a $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ film with $x = 0.32$. (c) Temperature dependences of topological Hall resistivity, $\rho_{\text{TH}}^{\text{max}}$, and normal Hall coefficient, R_0 , of a $\text{Fe}_{2-x}\text{Pd}_x\text{Mo}_3\text{N}$ film with $x = 0.32$.