

ワイル反強磁性体 Mn_3Sn 薄膜の室温テラヘルツ巨大異常ホール伝導

Terahertz giant anomalous Hall current in Weyl antiferromagnet Mn_3Sn thin films at room temperature

東大物性研¹, JST-CREST², Johns Hopkins University³, 東大理⁴, JST さきがけ⁵

○松田 拓也¹, 神田 夏輝¹, 肥後 友也^{1,2}, N. P. Armitage³, 中辻 知^{1,2,3,4}, 松永 隆佑^{1,5}

ISSP, Univ. of Tokyo¹, JST-CREST², JHU³, Dept. of Phys., Univ. of Tokyo⁴, JST-PRESTO⁵

○Takuya Matsuda¹, Natsuki Kanda¹, Tomoya Higo^{1,2},

N. P. Armitage³, Satoru Nakatsuji^{1,2,3,4}, Ryusuke Matsunaga^{1,5}

E-mail: matsuda.t@issp.u-tokyo.ac.jp

反強磁性体は、スピンの歳差運動が強磁性体と比べて非常に速くテラヘルツ(THz)周波数で生じること、漏れ磁場が無いことなどから、高速磁気メモリーや光信号処理などのスピントロニクスデバイスの観点で応用が期待されている。一方、全体として磁化が打ち消しあって非常に小さいため、外部磁場に対する応答に鈍感であり、磁化情報を巨視的な応答として読み出すことが難しいという点が課題となっている。近年、非共線的なスピン構造を持つ反強磁性体 Mn_3Sn において巨大な異常 Hall 効果が観測され[1]、強磁性体に匹敵する巨大応答を室温で示す反強磁性物質として、また時間反転対称性の破れたワイル半金属としての基礎物理学的観点からも注目されている。この Mn_3Sn の異常応答を THz 周波数帯で深く理解することで、高速動作スピントロニクスデバイス実現への指針を与えることが期待される。そこで本研究では、独自に開発した THz 偏光分解分光法を用いて、 Mn_3Sn 薄膜[2]の THz 電磁応答を詳細に調べた。

Si または SiO_2 基板上の厚さ 50-400 nm の Mn_3Sn 薄膜に 5 T の磁場を印可して磁気ドメインを揃えた後、室温ゼロ磁場下において透過 THz 波の偏光分解測定を行ったところ、THz 帯の異常 Hall 伝導度 $\sigma_{xy}(\omega)$ の実部は $20 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ もの巨大な値を示すことがわかった。これは DC で観測された値と良く一致しており、さらに散逸を表す $\sigma_{xy}(\omega)$ 虚部は 1 THz ほどの周波数帯においても実部に比べて非常に小さいことがわかった。これは巨大異常 Hall 伝導が THz 帯でも現れることを示している。この無散逸な異常 Hall 伝導は、Mn 原子の作る積層カゴメ格子においてスピンの逆 120 度構造を取ることで時間反転対称性が巨視的に破れ、バンド構造に現れるワイル点から生じるベリー曲率由来の応答であるという内因的解釈と一致する。さらに、より高周波 THz 帯まで計測したところ、 $\sigma_{xy}(\omega)$ 虚部が徐々に増加する振る舞いを示した。これはフェルミエネルギーよりも数 meV 上にあるワイル点周りでのバンド間遷移によるものであると考えられる。また、 $\sigma_{xy}(\omega)$ の温度変化の測定では、250 K 近傍において急激な減少が見られた。これは、低温でスピンの層間方向にヘリカル構造を取ることで時間反転対称性が回復する方向へ変化する、運動量空間で積分したベリー曲率が互いに打ち消しあったことによるものと解釈される。

[1] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, *Nature* **527**, 212 (2015).

[2] T. Higo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 202402 (2018).