

Co₂MnGa 薄膜におけるスピン偏極ワイル分散と 巨大異常ネルンスト効果の観測

角田一樹¹、桜庭裕弥²、増田啓介²、河野嵩³、鹿子木将明³、後藤一希²、
Weinan Zhou²、宮本幸治⁴、三浦良雄²、奥田太一⁴、木村昭夫³
(¹原子力機構、²物材機構、³広大院理、⁴広大放射光)

Observation of spin-polarized Weyl cones and giant anomalous Nernst effect in Co₂MnGa films
K. Sumida¹, Y. Sakuraba², K. Masuda², T. Kono³, M. Kakoki³, K. Goto²,
W. Zhou², K. Miyamoto⁴, Y. Miura², T. Okuda⁴, and A. Kimura³
(¹JAEA, ²NIMS, ³Hiroshima Univ., ⁴HiSOR)

背景

異常ネルンスト効果は強磁性体に熱流を流した際に、温度勾配と磁化の外積方向に電場が生じる現象である。これまで、異常ネルンスト効果による熱電能は磁化の大きさに比例すると考えられてきたが、近年、反強磁性体を含むいくつかの磁性材料でこの経験則が破綻していることが明らかになってきた[1]。特に強磁性ホイスラー合金 Co₂MnGa の室温における熱電能は約 6.0 μV/K に達しており、Fe などの典型的な強磁性体の約 10 倍の大きさに匹敵する[2]。このような巨大異常ネルンスト効果には、フェルミ準位近傍のトポロジカルに非自明な電子構造が重要な役割を果たしていると考えられている。しかし、異常ネルンスト効果と電子構造の正確な対応関係は未だ明らかになっていない。また、Co₂MnGa の熱電能は薄膜では 3.0 μV/K 程度しか実現されていない点も大きな問題である[3]。本研究では、組成比を緻密に制御した Co₂MnGa 薄膜に着目し、異常ネルンスト効果による熱電能と電子構造の対応関係の解明を目的とした。

実験条件

組成比を制御した Co₂MnGa 薄膜は Co, Mn, Co₂MnGa ターゲットを利用したコスパッタ法で MgO 基板に作成した。試料表面の汚染を防ぐため、薄膜試料をポータブルチャンバーによって光電子分光装置に大気に晒すことなく輸送し、[100]方向に磁化した状態でスピン・角度分解光電子分光を行った。また、実験結果との比較のため、L2₁規則相における Co₂MnGa の第一原理計算も行った。

実験結果

Co₂MnGa 薄膜の異常ホール、ネルンスト伝導度を測定したところ、価電子数を増やすに従って系統的に増加することが明らかとなった (図 1(a,b))。観測された熱電能は最大で 6.2 μV/K に達し、強磁性体薄膜としての最高値を記録した。また、残留磁化を利用したゼロ磁場での異常ネルンスト効果の観測にも成功した。最も高い異常ホール、ネルンスト伝導度を観測した試料に対してスピン・角度分解光電子分光を行ったところ、フェルミ準位近傍にスピン偏極した複数のワイルコーンが存在していることが明らかとなった (図 1(c))。第一原理計算 (図 1(d)) との比較により、これらのワイルコーンが波数空間上で巨大な仮想磁場 (ベリー曲率) を生み出す源となっていることを突き止め、電子構造と熱電能の対応関係を明らかにした[4]。

参考文献

- [1] M. Ikhlas *et al.*, Nat. Phys. **13**, 1085 (2017). [2] A. Sakai *et al.*, Nat. Phys. **14**, 1119 (2018).
[3] G.-H. Park *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 060406(R) (2020). [4] K. Sumida *et al.*, Comms. Mater., in press.

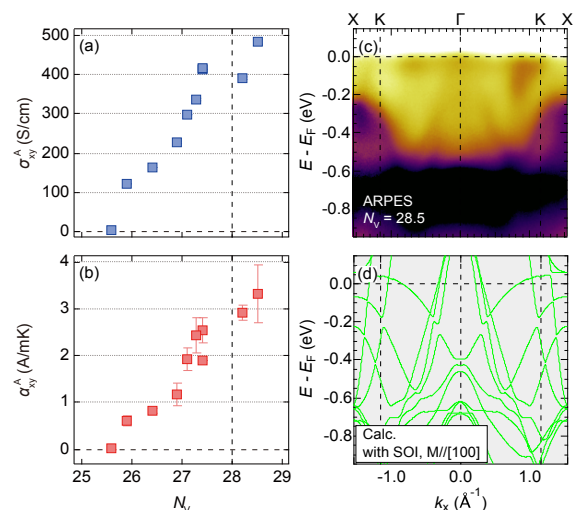


図 1 (a,b) Co₂MnGa 薄膜の異常ホール、ネルンスト伝導度の価電子数依存性。(c,d) 光電子分光および第一原理計算によって求めたフェルミ準位近傍のバンド分散。