



理学研究科セミナー

極性を持つディラック電子系における スピン偏極した電子状態と強磁場物性

4月23日(木) 16:20~17:20 講義棟 201 室
近藤 雅起 (東京大学 物性研究所)

グラフェンに代表されるディラック電子系は、運動量に対して線形なエネルギー分散に由来して超高移動度などの興味深い性質を示す。特にトポロジカル絶縁体表面では、強いスピン軌道相互作用によりスピン偏極ディラック電子状態がゼロ磁場で実現し、スピンホール効果や非相反伝導（整流効果）など多彩な輸送現象を示す。しかし表面状態の観測には厳密なフェルミ準位調整が必要なため、研究は主に薄膜試料に限られてきた。

そこで本講演では、極限環境実験や元素置換による制御に適したバルクのスピン偏極ディラック電子系候補として、多層ディラック電子系 BaMnX_2 ($X = \text{Bi, Sb}$) を紹介する。本物質は、磁性絶縁層 Ba-Mn-X と擬2次元ディラック電子状態を担う X 原子層が交互に積層した層状物質で、 X 原子層では正方格子から歪んだジグザグ鎖形成により面内の空間反転対称性が破れている。この極性構造とスピン軌道相互作用により、小さなディラック電子フェルミ面（バレー）は完全にスピン偏極し、スピン自由度とバレー自由度が結合した特異な電子状態（スピン・バレー結合状態）が実現する[1]。講演者は $X = \text{Bi}$ の純良単結晶合成に成功し、精密構造解析の結果 $X = \text{Sb}$ より格子歪みが小さいことを見出した。さらに、パルス強磁場における量子振動測定と第一原理計算から、 $X = \text{Sb}$ と Bi で大きく異なるスピン・バレー結合状態が実現していることを明らかにした[2]。加えて、 $X = \text{Sb, Bi}$ 単結晶を集束イオンビーム微細加工でデバイス化し、非相反伝導の観測にも成功した。非相反伝導の温度依存性は両物質で大きく異なり、スピン・バレー結合状態の差が非相反伝導に強く影響することを実験的に示した[3]。最近では Ba サイトの一部を Sr 置換することで、スピン・バレー結合状態を系統的に制御できることも見出している。また、時間が許せば、極性半導体 SnTe で最近観測した、特異な温度依存性を示す弾性定数の量子振動についても紹介したい[4]。

[1] H. Sakai, M. Kondo *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 081104(R) (2020).

[2] M. Kondo *et al.*, Commun. Mater. **2**, 49 (2021).

[3] M. Kondo *et al.*, Phys. Rev. Research **7**, 013041 (2025).

[4] M. Kondo *et al.*, to be submitted.