

単結晶ビスマスの磁場誘起バレー分極と磁気抵抗異常

徳永将史, 岩浅歩, 近藤晃弘, 河智史朗, 秋葉和人, 金道浩一, 中西良樹¹, 吉澤正人¹
東大学物性研, 岩手大理工¹

強磁場下の半金属で実現可能な半金属-半導体転移近傍では、電子正孔対のボーズ凝縮状態である励起子相に代表される興味深い量子状態の形成が期待される [1]。このような相転移を探索する際、電子と正孔のフェルミポケットの数、もしくはバレー自由度、が重要な意味を持つ。フェルミポケットが異方的形状を持っている物質では磁場印加方向を選ぶことでバレー自由度を制御して、相転移実現に向けた理想的環境を整えることができる。我々は代表的半金属として知られるビスマスに対して、量子極限状態における完全バレー分極を実現し、その熱力学的検証を行った[2]。

ビスマスは無磁場下で逆格子空間の T 点に正孔のフェルミポケットが一つ、L 点に電子のフェルミポケットが三つ存在する。電子のフェルミポケットが異方的であるため、量子極限状態を超えた十分強い磁場を適切な方向に印加することで、三つのうち一つまたは二つのフェルミポケットからキャリアを取り除いた完全バレー分極状態を実現できると言われている [3]。しかし量子極限状態付近での電子状態の正確な計算が困難であり、モデルによってどの方向に磁場をかけたとき、どのポケットが残るかも違っている [3,4]。

我々はビスマスで期待されている完全バレー分極状態を実験的に検証するため単結晶試料に対して最高 60T までのパルス磁場下における磁気抵抗、磁化、超音波、磁歪測定を行った。これらの測定量の中で、磁歪は占有状態にあるキャリアのエネルギーと格子系の弾性エネルギーとのバランスで決まるため、バレー分極率を直接反映した物理量になる。今回我々がキャパシタンス法で測定した磁歪測定の結果をいくつかの理論と比較した結果、磁場を結晶の binary 方向に印加したときに一つのバレーだけが残るとするモデルと良い一致を示すことがわかった。しかし様々な測定手法で調べた量子振動の実験結果は、このモデルと定量的なずれを示した。特に磁気抵抗測定でのみ観測可能な異常が 50T 付近に現れており、この異常はモデルの範囲内では説明ができない。この異常の起源は現時点で明らかではないが、関連物質における先行研究との比較から、この異常が一種のリフシツト転移である可能性について議論する。

参考文献

- [1] E. W. Fenton, Phys. Rev. **170**, 816 (1968).
- [2] A. Iwasa *et al.*, submitted.
- [3] Z. Zhu *et al.*, Nat. Commun. **8**, 15297 (2017).
- [4] K. Hiruma and N. Miura, J. Phys. Soc. Jpn. **52**, 2118 (1983).