

らせん磁性体におけるネマティック電子状態の探索

Search for nematic electronic states in helimagnetic materials

東京大学 ヒルシュベルガー マクシミリアン



異方性電子ガスは、結晶格子の（回転）対称性を破ることによって、空間内の容易軸として情報を記録することを可能とします。例えば、正方晶系（正方形）の結晶格子内の電子ガスは自発的にその対称性を斜方晶系（長方形）に下げる可能性があり、正方晶系（正方形）の母物質内で元々同等な方向に対応する少なくとも 2 つの等価なドメインが実現します。この分野における重要な課題として、異方性電子ガスの制御を通じて情報を保存できるかどうか、またその方法で情報を電氣的または光学的手段で読み出すことができるかどうかという点が挙げられます。本研究では、磁気秩序が電子ガスの異方性を生み出す、らせんスピン秩序を有する磁性体金属への情報の読み書きの基礎科学の開発を行います。データ書き込みには、電荷（電流）の移動によって磁気スピンに作用する力であるスピントランスファートルクを用いる一方、情報読み取りの原理は、異方性磁気抵抗、つまりらせんスピンの秩序に平行または垂直に流れる電流に対する固体の抵抗の違いを用います。このアイデアは、高温反強磁性体、電荷密度波物質などに広く適用することが可能です。

電流印加による磁気構造制御は、物性物理学において近年注目を集めているテーマです。過去 10 年で、比較的低い電流密度によるスキルミオンの駆動、共線的反強磁性体スピンのスイッチング [1]、トポロジカル反強磁性体における非共線的スピン構造のスイッチングおよび螺旋磁性体におけるヘリシティの反転 [2] が観測されてきました。これらと比較して短周期螺旋磁性体の伝播ベクトル \mathbf{Q} を制御する手法は、 \mathbf{Q} 方向の変化で大きな異方性磁気抵抗が発生する可能性があるため、有望です。さらに結晶構造が高い対称性を持つ場合、 \mathbf{Q} の向きうる方向が増え、単一デバイスに保存できる情報量が増加します。

参考文献 [3] においては、格子不整合螺旋磁性体における \mathbf{Q} の電流誘起スイッチングを理論的に提案し、ローレンツ透過型電子顕微鏡を使用して電流密度 J に対して垂直な方向への \mathbf{Q} の整列を実験的に観察しました。長周期螺旋磁気構造 $\lambda = 2\pi/|\mathbf{Q}| > 50$ nm を持つ FeGe (B20 構造、ネスティングなし) に関するこの研究は、 \mathbf{Q} の読み出しが FeGe の通常の輸送測定では不可能であるため、メモリとしての用途は限られます。磁場による螺旋磁気構造の回転は、別の B20 磁性体 Cu_2OSeO_3 においても報告されています [4]。これらと比較して、現在のターゲットであるナノメートル周期の螺旋磁性体は、離散的な \mathbf{Q} の方向のみが許容されるため、メモリとしてのエラー耐性が向上するという利点があります。このように、螺旋磁気秩序によって誘起される電子気体の異方性は、メモリやデータ処理デバイスの設計に利用可能です。

本研究では、無機固体中の螺旋磁気秩序と結合した異方的電子気体からの情報の読み取りおよび書き込みを目的とします。モデル物質として、比較的低いキャリア数を持つことで磁気秩序と電子気体の強い相互作用が期待される、磁性ワイル半金属 GdAlSi をターゲットとします。

【キーワード】 物性物理学、磁性、電子構造、螺旋磁性

【参考文献】

[1] P. Wadley *et al.*, *Science* **351**, 587 (2016)

[2] N. Jiang *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 1601 (2020)

[3] J. Masell *et al.*, *Phys. Rev. B* **102**, 180402(R) (2020)

[4] P. Milde *et al.*, *Phys. Rev. B* **102**, 024426 (2020)