

金属人工格子ルネサンス

日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター 高梨弘毅

金属人工格子とは、2種類以上の異なる金属をナノスケールで人工的に積層した物質である。金属人工格子の研究は1970年代後半から始まった。(ちなみに筆者が金属人工格子の研究を始めたのは大学院時代の1982年である。)その後、垂直磁気異方性の発見(1985年)や巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見(1988年)があり、1990年頃に隆盛を迎えた。GMRの発見がスピントロニクスの起源となっていることはよく知られている。1990年代は、GMRやトンネル磁気抵抗効果(TMR)に代表されるスピン依存伝導の研究が盛んになるが、一方で磁性半導体の研究も進み、20世紀から21世紀へ変わる頃、それらの分野は統合してスピントロニクスと呼ばれるようになった。2000年代には、スピントロニクスの基礎概念としてスピン流が注目されるようになり、スピンホール効果やスピンゼーベック効果などの新現象が続々と発見された。筆者らは、スピントロニクスに有用な材料として、規則合金に着目した。規則合金は、機能性の宝庫であるとともに、金属人工格子の積層構造の極限¹⁾とも考えられる。具体的には、大きな磁気異方性を有するL1₀型FePtや高いスピン偏極率を有するホイスラー合金を用いて、優れたスピントロニクス特性の探索を行った²⁾。

最近10年くらいの傾向を見ると、スピントロニクスは新たな展開期を迎えている。スピン軌道相互作用を活用するスピンオービトロニクス、反強磁性体のメリットを生かす反強磁性スピントロニクス、熱との相関に着目するスピントロニクスなど、さまざまな分野がスピントロニクスから派生している。この流れの中で、金属人工格子という材料はあらためて注目される。界面の集合体である金属人工格子は、スピン軌道相互作用が人工的に増強された系と考えることができる。層間交換相互作用を利用すれば、変調周期や結合強度を人工的に制御した反強磁性体を作製できる。また、金属人工格子の構造的な異方性に着目すれば、電気伝導と熱伝導を独立に制御することができ、熱電変換の無次元性能指数 ZT の向上も期待できる。以上のような観点から、筆者らは金属人工格子の研究に取り組んでおり、実際にPd/Co/Pt構造における垂直磁気異方性とスピン軌道トルクとの相関性の観測³⁾、Co/Cu-Ir/Co構造における反強磁性交換結合とスピン軌道トルクの観測⁴⁾、Co/Ir/Co構造における巨大な反対称交換結合の発見と磁化スイッチングへの応用⁵⁾、Ni/Pt人工格子における異常ネルンスト効果の増大の観測⁶⁾などの成果を得ている。これらは主に、筆者が東北大学金属材料研究所に在籍していたときの成果であり、また科学研究費基盤研究(S)「金属人工格子ルネサンス」の援助によって行われた。共同研究者諸氏ならびに関係各位に感謝したい。

1) 高梨ら, 未発表, **35**, 1204 (1996).

2) 総説として, 高梨ら, 機能材料, **38**, 48 (2018).

3) Y. Lau *et al.*, Intermag 2020 Digest, CB-06.

4) H. Masuda *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 224413 (2020).

5) H. Masuda *et al.*, Phys. Rev. Appl., **17**, 054036 (2022).

6) T. Seki *et al.*, Phys. Rev. B **103**, L020402 (2021).

略歴

1986年3月 東京大学理学系研究科物理学専攻博士課程修了(理学博士), 同年4月 東北大学金属材料研究所助手, 1994年2月 同助教授, 2000年11月 同教授, 2022年3月 退職. この間, 1994年3月~1995年9月 アレクサンダー・フォン・フンボルト客員研究員としてユーリヒ研究センター(ドイツ)に滞在. また, 2014年4月~2020年3月 東北大学金属材料研究所所長を兼任. 2022年4月より日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター センター長. 専門は, 磁性材料学, スピントロニクス.

