

# 金属人工格子からスピントロニクスへ、そしてまた金属人工格子へ

高梨弘毅

(東北大学 金属材料研究所・スピントロニクス学術連携研究教育センター)

Metallic superlattices revisited for spintronics

Koki Takanashi

(Institute for Materials Research / Center for Spintronics Research Network, Tohoku University)

## はじめに

昨年度学会賞を受賞し、フェローにご推挙いただいたことは、大変光栄に思っている。学会賞の受賞題目は「規則合金を中心としたスピントロニクス材料の先進的研究」であった。しかし、本講演では、自身の研究を振り返りつつ、まず金属人工格子の研究からスピントロニクスの研究に至る歴史とその後のスピントロニクスの発展を俯瞰する。それから、スピントロニクスの新たな展開を支える材料として、筆者はあらためて金属人工格子に注目しており、その最近の成果について紹介したい。

## 金属人工格子からスピントロニクスへ

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(1986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。我々のグループでは、大きな磁気異方性を有する $L1_0$ 型合金や高いスピン偏極率を有するホイスラー合金などの規則合金に着目し、それらを用いたナノ構造素子でスピン注入磁化反転や自励発振、スピンホール効果、膜面垂直通電型(CPP-)GMRなどの研究を行ってきた<sup>1)</sup>。

## スピントロニクスから再び金属人工格子へ

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と思われる。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нкаロリトロニクスなど、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、我々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<sup>2)</sup>、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<sup>3)</sup>、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<sup>4)</sup>などの成果を得ている。

## 謝辞

本講演後半に示す研究成果は、科学研究費基盤研究(S)「金属人工格子ルネサンス」<sup>5)</sup>の援助によるもので、共同研究者、連携研究者および研究協力者に感謝します。

## 参考文献

- 1) 総説として、高梨ら、機能材料, **38**, 48 (2018).
- 2) Y. Lau *et al.*, Intermag 2020 Digest, CB-06.
- 3) H. Masuda *et al.*, Phys. Rev. B **101**, 224413 (2020).
- 4) T. Seki *et al.*, arXiv:2009.11006.
- 5) <http://magmatelab.imr.tohoku.ac.jp/Framesetjpn.html>