界面マルチフェロイク材料の創製とその機能応用

Interfacial multiferroic materials and its applications

名大理 [1]　○ 谷山 智康 [1]
Nagoya Univ.[1], ○Tomoyasu Taniyama[1]
E-mail: taniyama.tomo@nagoya-u.jp

マルチフェロイク材料は、電気-磁気結合に基づく電界による磁性制御の観点から、スピントロニクスにおいて注目を集めている。従来より、単相マルチフェロイクス物質に関しては、スピン流機構、反対称スピン軌道相互作用などに起因して磁性と電気分極が単一物質内で共存することが報告されてきた。しかし、単相マルチフェロイク材料が極めて稀であること、マルチフェロイク特性が主として低温で発現することなどの点でデバイス応用が困難であった。一方、強磁性体と強誘電体とのヘテロ界面では、マルチフェロイクスを特徴づける空間反転対称性と時間反転対称性の破れが発現し、多様な物質の組合せにおいて強磁性と強誘電性が室温で共存しうることが指摘され、近年精力的な研究がなされている。今後、界面マルチフェロイク材料をスピントロニクスデバイスにおいて利用するためには、さらなる巨大な電気-磁気結合効果の実現が課題となっている。本講演では、我々がこれまでに取り組んできたいくつかの界面マルチフェロイク材料における磁性の電界制御に関する研究の成果を紹介し、界面電気-磁気結合の物理起源と界面マルチフェロイクが拓く新たなスピントロニクス機能の可能性について言及したい。

界面マルチフェロイクスの物理起源には主として、（１）分極電荷に伴うスピン偏極電荷蓄積、（２）イオン変位に伴う電子状態混成、（３）イオン伝導に伴う化学状態変調、（４）界面磁気弾性効果がある。それぞれの物理機構に対応してマルチフェロイク特性の生じる特性長が存在するが、中でも界面磁気弾性効果では数 100 μ m 以上の長距離に及ぶ広範囲で電気-磁気結合が顕在化する。一例として、強磁性 [Cu/Ni] 多層膜と強誘電体 $BaTiO_3$ との界面に着目しよう。[Cu/Ni] 多層膜は、Cu と Ni の格子不整合による界面引張歪みにより Ni の磁化が面直配向する垂直磁化多層膜として広く知られている。この強磁性多層膜と強誘電体 $BaTiO_3$ とをエピタキシャル接合すると、$BaTiO_3$ の異なる 2 つのドメイン、すなわち *a*-ドメインと *c*-ドメインの違いにより異なる界面歪みが多層膜に伝達される。その結果、このマルチフェロイク界面において、$BaTiO_3$ の *a*-ドメイン上では多層膜固有の垂直磁気異方性が、*c*-ドメイン上では面内磁気異方性が発現する。そして、我々は、$BaTiO_3$ に電界を印加することで *a*-*c*-ドメイン境界を駆動し、面直磁化配向と面内磁化配向を切替えること、面直-面内磁壁を電界で可逆的に駆動することが可能であることを実証してきた [1]。一方で、その物理起源に関する問いに対しては、明確な解が得られていなかった。しかし最近になり、放射光 XMCD 測定に基づいて、軌道角運動量の電界変調効果が磁気異方性の切替現象のおいて本質的に重要であることを突き止めることに成功した [2]。この結果は、第一原理計算とも定性的に良い一致を示している。本講演では、磁性多層膜における磁気異方性の電界制御とその物理起源について詳細に紹介するとともに、界面磁気弾性効果が新たな磁気秩序を電界で誘導することなども含めて最新の研究成果について紹介し、界面マルチフェロイクの材料としての有用性を示したい。本研究の一部は、JST CREST, JPMJCR18J1、JSPS 科研費, JP17H03377, JP18F18353、旭硝子財団、加藤科学振興会の支援を受けたものです。

【参考文献】

[1] Y. Shirahata, T. Taniyama, et al., NPG Asia Mater. **7**, e198 (2015).
[2] J. Okabayashi, Y. Miura, and T. Taniyama, npj Quantum Mater. **4**, 21 (2019).

© 2019年 応用物理学会