

電圧制御による超省電カスピントロニクスデバイスの材料開発と 放射光による界面磁気機能の解明

三輪真嗣：阪大基礎工

IT 機器の低消費電力化は社会生活を豊かにしつつ地球環境を維持する上で極めて重要な課題である。エレクトロニクス分野でこれを実現する技術のひとつが情報維持に電力を必要としない不揮発性メモリである。スピントロニクス分野では磁石の磁極 (N 極と S 極) が有する不揮発性を利用したメモリ「MRAM」の開発が進められており、大容量性・高速性・高い耐繰り返し動作性を満たし得る唯一の不揮発性メモリとして期待されている。しかし、現状は MRAM のセルである磁気トンネル接合素子への電流通電により情報を書き込む(N 極と S 極の反転) 必要があり、半導体メモリと比べて書き込み時の消費電力が大きいことが課題となっている。強磁性金属超薄膜の電圧誘起磁気異方性変化は 2007 年に電解液に浸した FePt 及び FePd 薄膜で発見され、その後 Fe/MgO のような室温固体素子で動作することが示されて脚光を浴びた[1]。この電圧効果はサブナノ秒以下の高速応答性を有するため、スピン偏極電流通電に替わる新たな磁気トンネル接合素子への情報書き込み手法として注目されている(図 1)。

一方でこの電界誘起磁気異方性変化は実用レベルに対し 10 分の 1 以下と小さく、新材料開発が望まれていた。我々は最近、大型放射光施設 SPring-8 を利用して電圧効果のメカニズムを微視的に明らかにした。具体的には磁気トンネル接合で重要な Fe と MgO の界面に 1 原子層の Co や Pt を挿入した良質な多層膜単結晶素子を作製し、電圧を印加しながら X 線磁気円二色性分光を行った。その結果、軌道磁気モーメントや電気四極子に由来する磁気双極子 T_2 項と呼ばれる物理量が外部電圧で変調され、磁気異方性が変化することを見出した[2,3]。本研究で新たに見出した電気四極子機構の知見を利用した材料設計により、将来的に現状比 10 倍の電圧効果が可能となり、発熱を極力抑えられる超省エネ不揮発性メモリの実現が期待される。

本研究は大阪大学の鈴木義茂氏、Frédéric Bonell 氏、松田健彰氏、塚原拓也氏、河辺健志氏、吉川晃平氏、縄岡孝平氏、田村英一氏、後藤穰氏、産業技術総合研究所の野崎隆行氏、湯浅新治氏、高輝度光科学研究センターの鈴木基寛氏、中村哲也氏、小谷佳範氏、豊木研太郎氏、東北大学の辻川雅人氏、白井正文氏、そして物質・材料研究機構の宝野和博氏、大久保忠勝氏らとの共同研究成果である。本研究の一部は革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) 及び科研費 (JP26103002, JP15H05420) の支援により行われた。

	電流磁場	スピン流	電圧
消費エネルギー	× (~100pJ/bit)	○ (~100fJ/bit)	◎ (< 1fJ/bit)
局所印加	×	◎	◎

図 1 磁極方向の操作方法

参考文献

- [1] T. Maruyama *et al.*; Nat. Nanotechnol. **4**, 158 (2009).
- [2] T. Kawabe *et al.*; Phys. Rev. B in press. (arXiv:1708.08549)
- [3] S. Miwa *et al.*; Nat. Commun. **8**, 15848 (2017).

関連 web

<http://www.suzukiylab.mp.es.osaka-u.ac.jp>