



2018年2月26日

報道関係者各位

慶應義塾大学

絶縁体を使ったスピントロニクス素子の新たな動作原理を発見 —トポロジカル絶縁体に続く第2の絶縁性スピントロニクス物質を用いた 省エネルギー技術の展開へ—

慶應義塾大学理工学部の安紅雨訪問研究員（日本学術振興会 外国人特別研究員）、安藤和也准教授らの研究グループは、東北大学材料科学高等研究所の大野武雄准教授らと共同で、次世代の電子技術として期待されているスピントロニクス素子を、絶縁体により動作させる新原理を明らかにしました。

電子のスピンを利用することで、電子デバイスを高速化・低消費電力化する電子技術「スピントロニクス」では、磁性体（磁石）の磁化（N極/S極）をいかに制御するかが鍵となります。最近では、磁化を制御するために、デバイス内のスピン軌道相互作用（※1）を利用した手法が注目されており、この作用で生まれるトルク（スピン軌道トルク（※2））を用いることで、高速かつ低消費電力な素子駆動が可能です。しかし、スピン軌道トルクを生み出すためには、磁性体に接合された金属に電流を流す必要があるというのがこれまでの常識であり、金属に電流が流れることで発生するエネルギー損失を避ける唯一の方法は、表面のみが金属性を有するトポロジカル絶縁体（※3）を利用することでした。

今回、本共同研究グループは、金属を酸化させることで電流を流さなくなった金属酸化物絶縁体を用いても、スピントロニクス素子を駆動可能であることを世界で初めて明らかにしました。この発見により、スピントロニクス素子に流れた電流によって発生するエネルギー損失を極限まで抑えた低消費電力素子を実現する新たな道が開けました。今後、今回明らかとなった新現象に関する基礎研究が進み、超高速・低消費電力のデバイスの開発、およびそれを用いた省エネルギー社会の実現への道が開けることが期待されます。

本研究成果は2018年2月23日（現地時間）に米国科学誌「Science Advances」に掲載されました。

1. 本研究のポイント

- ・スピントロニクス素子を駆動するためには、磁石に接合した金属に電流を流す必要があった。
- ・今回、金属ではなく、電流を流さない絶縁体を用いてスピントロニクス素子を駆動する新原理を明らかにした。
- ・この発見により、電流により発生していたエネルギー損失を回避できる省エネルギーデバイス実現への新たなルートが開かれた。

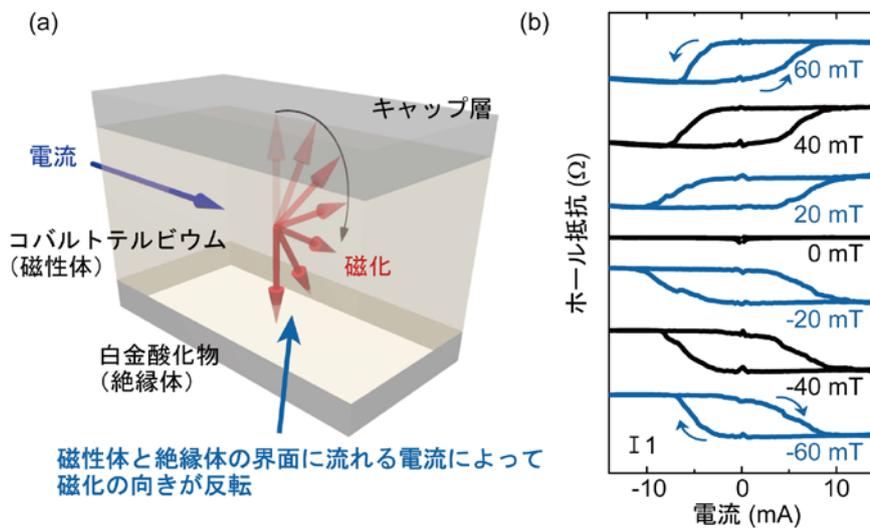
2. 研究背景

現代のエレクトロニクスは、電子の電気的性質（電荷）に加え、磁氣的性質（スピン）を利用するスピントロニクス技術によって飛躍的な発展を遂げてきました。スピントロニクス素子の最も基

本的要素となるのは、磁性体と金属の接合素子です。このような素子に電流を流すことで現れるトルク（スピン軌道トルク）を用いることで磁化を自在に制御することが可能となり、電荷と電流だけでは不可能だった機能の実現や劇的な省エネルギー化が実現されます。しかし、スピン軌道トルクを生成するためには、磁性体に接合された金属に電流を流す必要があるというのがこれまでの常識でした。このような素子では、流れた電流によるエネルギー損失を避けることが出来ないため、絶縁性の物質を用いたスピン軌道トルクの生成原理が求められてきましたが、これまでこれを可能とするのは、近年見出されたトポロジカル絶縁体を利用するという方法だけでした。

3. 研究内容・成果

今回の研究では、金属である白金を酸化させ、絶縁体となった白金酸化物上にコバルト・テルビウム合金（磁性体）を成膜した試料において、電流によって磁化の向きを制御できることを明らかにしました。そこで、酸化度を制御した白金酸化物を作製し、これにより生成されるスピン軌道トルクを測定したところ、電流が流れないほど酸化させた白金においても、磁性体との界面におけるスピン軌道相互作用によって巨大なスピン軌道トルクが生成されることが明らかになりました。さらに、外部から電場によって白金酸化物内部の酸素を動かすことで、スピン軌道トルクの大きさを制御することに成功しました。



図：絶縁性の白金酸化物を用いたコバルト・テルビウム合金中の磁化反転。

(a) 試料の模式図。コバルト・テルビウム合金と白金酸化物の界面に流れた電流によりスピン軌道トルクが生成され、磁化が反転する。(b) 磁化反転の測定結果。

4. 今後の展開

今回初めて明らかになった金属酸化物絶縁体によるスピントロニクス素子の駆動効率、現在世界中で研究が進められているトポロジカル絶縁体に匹敵することが明らかとなりました。今後、トポロジカル絶縁体に続く第2の絶縁性スピントロニクス物質として、省エネルギースピントロニクス素子に関する研究の展開が期待されます。

<原論文情報>

Current-induced magnetization switching using electrically-insulating spin-torque generator

(電気絶縁性のスピントルク生成素子を用いた電流誘起磁化反転)

H. An, T. Ohno, Y. Kanno, Y. Kageyama, Y. Monnai, H. Maki, J. Shi, K. Ando

doi: 10.1126/sciadv.aar2250

<用語説明>

※1 スピン軌道相互作用：電子が持つスピンと軌道角運動量との相互作用。この相互作用により、物質中の電子の輸送がスピン状態に依存し、さまざまな現象が現れる。

※2 スピン軌道トルク：物質に電流を流した時に作られる磁化に加わるトルクで、スピン軌道相互作用により電子の輸送がスピン状態に依存することに由来する。

※3 トポロジカル絶縁体：物質のトポロジーを反映して、絶縁体であるにもかかわらず、表面だけが電流を流す金属となる特殊な物質。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科 准教授 安藤 和也 (あんどう かずや)

TEL : 045-566-1582 E-mail : ando@appi.keio.ac.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室 (竹内)

TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

Email : m-koho@adst.keio.ac.jp <http://www.keio.ac.jp/>