



2018年3月27日

報道関係者各位

慶應義塾大学

化学の力で電子のスピンをコントロール —スピントロニクス素子の新たな制御原理を発見—

慶應義塾大学理工学部物理情報工学科の中山裕康特任助教、安藤和也准教授らの研究グループは、理工学部化学科の山本崇史専任講師、栄長泰明教授らのグループと共同で、スピントロニクス素子の機能を有機分子により制御する新原理を明らかにしました。

電子の電気的性質（電荷）の流れである電流に加え、電子の持つ磁気的な性質（スピン）を利用するスピントロニクス技術によって、電子デバイスの飛躍的な性能向上が実現されてきました。スピントロニクス技術に特有な機能は、電子のスピンの流れ「スピン流」によって担われます。最近では、さらに高速・省エネルギーなデバイスを目指し、電流とスピン流の変換にスピン軌道相互作用（※1）を用いる方法が注目を集めています。これまでの研究により、半導体素子では、スピン軌道相互作用の強さを外部から制御する手法が確立されており、これにより可能となる様々な機能が提案されています。しかし一方で、金属をベースとしたスピントロニクス素子では、スピン軌道相互作用を制御することは非常に困難であることが知られていました。

今回、本研究グループは、有機分子を使ったこれまでにないアプローチで、金属スピントロニクス素子におけるスピン軌道相互作用をコントロールし、電流とスピン流の間の変換効率を向上させることが可能であることを明らかにしました。さらに、光照射により構造を変える有機分子を用いることで、スピントロニクス素子の光学的制御を実現しました。

本研究成果は2018年3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特有の機能は、電流とスピン流の間の相互変換によって担われるが、これを外部から制御することは困難だった。
- ・今回、有機分子を用いることで、電流とスピン流間の変換効率を向上させる新原理を明らかにした。
- ・光照射による分子構造の変化を用いることで、スピントロニクス素子の光制御に成功した。

2. 研究背景

現代社会を支える半導体デバイスと磁気デバイスでは、それぞれ電子の電気的性質（電荷）と磁気的性質（スピン）が重要な役割を担っています。この2つの技術を統合し、次世代の高性能デバイスの実現を目指す技術にスピントロニクスがあり、電荷の流れ（電流）とスピンの流れ（スピン流）を相互に変換することで、これまでにない新機能を実現できます。電流とスピン流の変換は、金属や半導体のスピン軌道相互作用を利用することで実現でき、特に半導体をベースとしたスピントロニクス素子では、スピン軌道相互作用を外部から制御することも可能となっています。一方、金属をベースとしたスピントロニクス素子、例えばビスマスと銀の接合を含むような素子には、半導体素子と比較

して 100 倍近く大きいスピン軌道相互作用が存在することが分かっていたましたが、これを外部から制御する方法はこれまでありませんでした。

3. 研究内容・成果

今回の研究では、ビスマスと銀の接合、さらに磁性体を含むスピントロニクス素子において、電流とスピン流の変換現象を測定しました。この素子の表面に有機分子を自己組織化形成したところ、電流とスピン流の間の変換効率を増大・減少させることに成功しました。異なる有機分子を使った実験の比較から、この結果が、スピントロニクス素子表面への有機分子の形成によって、ビスマスと銀の界面のスピン軌道相互作用が変化したことに起因することを明らかにしました。さらに、光を照射することで構造を変える有機分子を用いることで、電流とスピン流の間の変換効率を光学的に制御することも可能であることを明らかにしました。

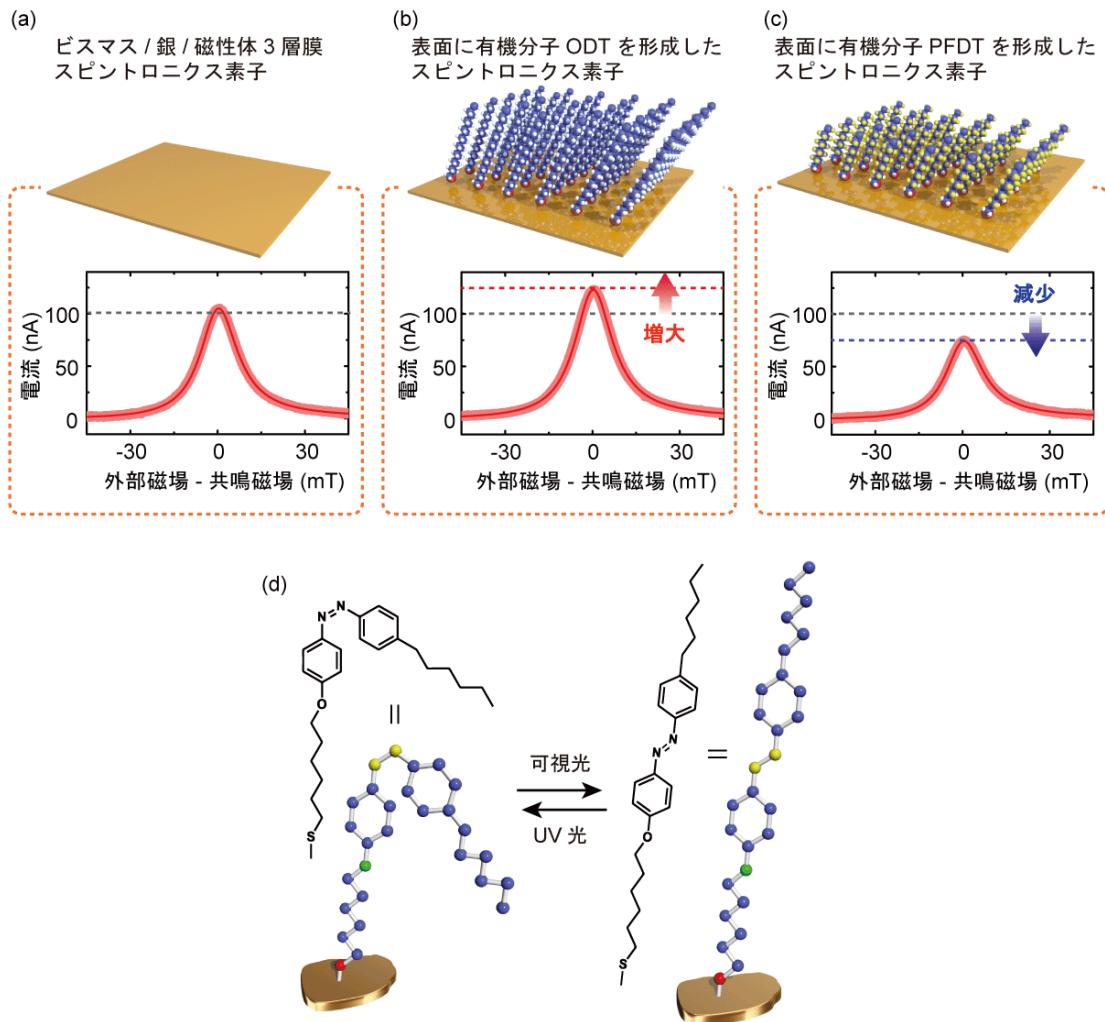


図. 有機分子による電流とスピン流の変換現象の制御。(a) 有機物を形成していないスピントロニクス素子における測定結果。(b) オクタデカンチオール (ODT)、(c) パーフルオロデカンチオール (PFDT) を表面に形成した素子における測定結果。(d) 光により構造を変える有機分子。

4. 今後の展開

今回の研究により、金属ベースのスピン트로ニクス素子に存在する巨大なスピン軌道相互作用を制御するルートが初めて明らかとなり、電流とスピン流間の高い変換効率を実現するための新原理が見出されました。これによりスピン트로ニクス技術の更なる進展が可能となるだけでなく、有機分子により誘起される新現象の開拓へと繋がることが期待されます。

<原論文情報>

Molecular engineering of Rashba spin-charge converter

(ラシュバ型スピン-電荷変換素子の分子エンジニアリング)

Hiroyasu Nakayama, Takashi Yamamoto, Hongyu An, Kento Tsuda, Yasuaki Einaga, Kazuya Ando

doi: 10.1126/sciadv.aar3899

<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。

※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/>