



ニュースリリース

平成 25 年 6 月 28 日
千葉大学 大学院融合科学研究科
金沢大学 理工研究域

電子の全性質制御に初成功 ～シリコンスピントロニクスデバイスの実現に光明～

本研究は、千葉大学大学院融合科学研究科の坂本一之准教授を中心に、金沢大学理工研究域の小田竜樹教授をはじめとした国際共同研究チーム（日本・韓国・スウェーデン・ドイツ・イタリア）により実行された。

研究チームは、**電子が有する 3 つの性質**（電流の担い手である電荷、磁石の起源であるスピン、固体中での電子の動きを制御するバレー（谷）の性質）を**組み合わせることに初めて成功**した。ほとんどの半導体デバイスの材料として用いられているシリコンを使用して得たこの結果は、**現在のシリコンエレクトロニクスデバイスを次世代のシリコンスピントロニクスデバイスにつなげる大きな足がかり**であり、今後のスマートフォンやタブレットなど情報端末機器の制御や、パソコンでの論理演算の**高効率・省エネルギー化の開発を加速**させるものである。

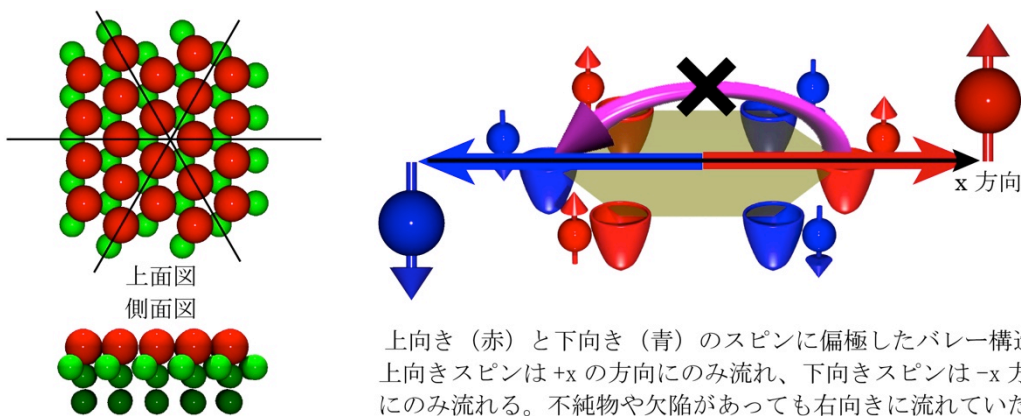
半導体デバイスは電子部品の根幹機能を担っており、身の回りのほとんどの電気製品に内蔵されている。現在、半導体デバイスでの情報伝達は電子の電荷の性質が担っているがその制御には多くのエネルギーが必要であり、固体中の欠陥などによる散乱で電子の流れが阻害されることで効率が低下するという問題がある。電子のスピンの性質を用いる半導体スピントロニクスデバイスは、より少エネルギーでの情報の制御が可能となるが散乱による効率の低下問題が残る。散乱問題の解消として電子やスピンの流れる方向を限定できるバレーの性質を組み合わせる方法があるが、**過去に提案されたものは困難で実用からかけ離れていた**。今回、**結晶の対称性を利用することによって非常に簡便な方法で 3 つの性質を組み合わせることができることがわかった**。組み合わせによって散乱が抑制されていることを実験的に観測しており、**高効率・省エネルギーの半導体スピントロニクスデバイス開発への道が切り開かれた**。

さらに、試料にシリコンを用いたことで**現在の半導体産業技術をベースとして新しいスピントロニクスデバイス（バレートロニクス）へのスムーズな移行**が期待できる。

本研究成果により、**結晶の対称性を考慮することによって電子の有する電荷・スピン・バレーの 3 つの性質を組み合わせることができ、その結果、散乱を抑えた高効率・省エネルギーのシリコンスピントロニクスデバイス・バレートロニクスの開発が強く期待**できる。

本研究成果は、平成25年6月28日（金）発行の英科学誌「Nature Communications」にオンラインで掲載された。<http://www.nature.com/naturecommunications>

“Valley spin polarization by using the extraordinary Rashba effect on silicon”
Nature Communications 4:2073 doi: 10.1038/ncomms3073 (2013).



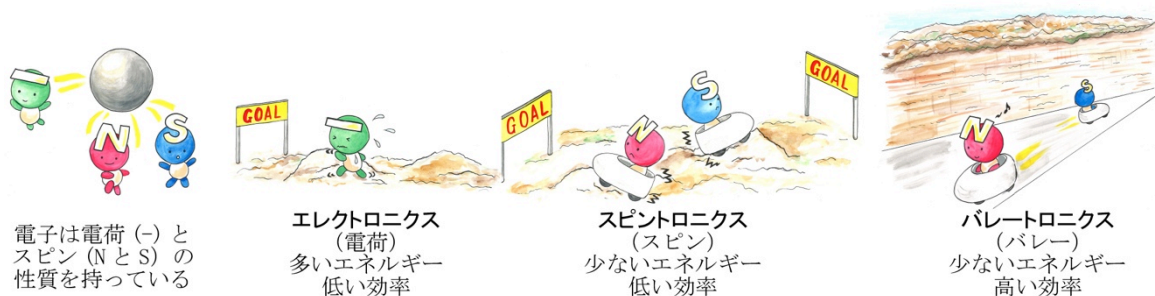
本研究で使用した、シリコン表面上にタリウムを1層吸着させた試料

上向き（赤）と下向き（青）のスピンの偏極したバレー構造。上向きスピンは+xの方向にのみ流れ、下向きスピンは-x方向にのみ流れる。不純物や欠陥があっても右向きに流れていた上向きスピンは、上向きスピンが存在できるバレーがないために左方向に散乱されない。

©千葉大学坂本グループ 2013

[参考資料]

1. 非磁性体のシリコンでスピンの性質が活用できるのは、スピン軌道相互作用により固体表面や界面などの二次元電子系で発現するラッシュバ効果に因る。また、本研究で用いたのは対称性を利用した特異なラッシュバ効果であり、通常のラッシュバ効果では不可能な100%スピン偏極度を得ている。スピン偏極度もスピンの流れの効果に大きな影響を与え、数値が大きいほど効率は良い。
2. バレーとは、上右図の電子運動量空間でのくぼみのことである。電子スピンは同じ向き（赤から赤、もしくは青から青）を有するバレーがある方向にしか進めない。x軸上だと上向き（赤）のスピンは+xの方向、青色のスピンは-xの方向にしか進めない。
3. 本研究結果の概念図



電子は電荷(-)とスピン(NとS)の性質を持っている

エレクトロニクス
(電荷)
多いエネルギー
低い効率

スピントロニクス
(スピン)
少ないエネルギー
低い効率

バレートロンクス
(バレー)
少ないエネルギー
高い効率

©千葉大学坂本グループ 2013

電子の3つの性質を組み合わせることにより、固体中の欠陥（荒野の起伏）を意に介せず電子スピンは流れることができる。

≪本件に関するお問い合わせ先≫
 千葉大学 大学院融合科学研究科 准教授 坂本 一之
 Tel: 043-290-3924 (090-5599-1577), Fax: 043-290-3924
 e-mail: kazuyuki_sakamoto@faculty.chiba-u.jp

 金沢大学 理工研究域 教授 小田 竜樹
 Tel: 076-264-5676, Fax: 076-264-5740
 e-mail: oda@cphys.s.kanazawa-u.ac.jp