



平成 30 年 12 月 20 日

ハーフメタルの室温でのスピン性能低下の機構解明 —省エネルギーで働くデバイスの開発につながる発見—

◆発表のポイント

- ・ 電子の磁石としての性質（スピン）を利用し省エネルギー化を可能にする技術・スピントロニクスの実現に必要な、スピンの向きのそろった電流を生み出す金属ハーフメタルは、室温で性能が低下する未解明の問題がありました。
- ・ ハーフメタルの室温でのスピン性能低下の機構解明に世界で初めて成功しました。
- ・ 室温で動作するスピントロニクスデバイスの開発への貢献が期待されます。

大学院自然科学研究科博士後期課程 3 年生の藤原弘和大学院生、岡山大学異分野基礎科学研究所の寺嶋健成特任研究員、村岡祐治准教授、横谷尚睦教授らの研究グループは、東京大学物性研究所の矢治光一郎助教、辛埴教授らのグループなどと共同で、ハーフメタルの室温での性能低下の機構解明に世界で初めて成功しました。本研究成果は 12 月 18 日、米国物理学雑誌「*Physical Review Letters*」のオンライン版に掲載されました。

スピントロニクスは電子の磁石としての性質（スピン）を利用した技術であり、電子の電荷を利用したエレクトロニクス（電子工学）よりも低エネルギーで動作するため省エネルギーデバイスを実現可能な技術として注目されています。ハーフメタルはスピンの向きのそろった電流を生み出すことができるため、スピントロニクスの鍵を握る物質です。しかし、室温では性能の低下が問題となっていました。本研究では、電流を担う電子のスピンの向きを高精度で分析できる特殊な装置を用いることにより、昇温によりスピンの向きが不ぞろいになることが性能低下の原因であることを突き止めました。

本研究により、室温で動作するスピントロニクスデバイスの開発に指針が与えられます。

◆研究者からのひとこと

本研究は藤原君の 6 年におよぶ研究の成果です。世界最高品質のハーフメタル試料と世界最高性能の実験装置のコラボレーションにより可能になった研究です。研究過程では、装置の冷却水が漏れて実験室が水浸しになるなど困難もありましたが、なんとかここまでこぎつけました。本研究成果により、室温で動作するスピンドバイス開発が大きく進展することを期待しています。



横谷教授



藤原さん



PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

近い将来、スマートフォンなどのデバイスは高性能化・省エネルギー化の限界を迎えるといわれており、従来のエレクトロニクスの限界を超える新たな技術の開発が世界中で行われています。その新たな技術のひとつがスピントロニクスです。スピントロニクスは電子の磁石としての性質（スピン）を利用した技術です。電子の電荷のみを利用した従来のエレクトロニクス（電子工学）よりも低エネルギーで動作するため、省エネルギーデバイスを実現できる技術として注目されています。スピントロニクスの鍵を握る物質のひとつがハーフメタルと呼ばれる金属です。通常の金属では、電流中に同じ数の上向きスピンの持つ電子と下向きスピンの持つ電子が存在します。これに対して、ハーフメタルでは上向きスピンを持つ電子のみが電流を担うことが理論的に予測されています。このようなハーフメタルの特徴を実現することがスピントロニクスデバイスの実用化に不可欠です。しかしながら実際のハーフメタルでは、室温においては期待される性能が得られないことが問題となっていました。

<研究成果の内容>

本研究では、低温で 100%スピンの向きのそろったハーフメタル CrO_2 試料[1]を用い、スピン分解光電子分光装置[2]という電流を担う電子のスピンの向きを高精度で調べることのできる特殊な装置を利用して、スピンの向きの温度依存性を詳細に調べました。その結果、昇温に伴いスピンの向きがバラバラになることを実験的に突き止めることに成功しました。この変化は、昇温により異なるスピンを持つ電子同士が相互に力を及ぼし合うという理論結果と一致する実験結果であることが分かりました。

<社会的な意義>

ハーフメタルはスピンの向きのそろった電流を生み出すことができるため、スピントロニクスにおいて汎用的に用いられる重要な材料と考えられています。昇温に伴う性能低下の機構を解明した本研究は、室温で動作するスピントロニクスデバイスの開発に極めて重要な指針を与えます。これにより、従来のデバイスよりも遥かに省エネルギーな次世代デバイスの実現に貢献することが期待されます。



図1 電流と電子のスピンとの関係。低温ではスピンの向きは完全にそろっている。室温ではスピンの向きがバラバラになっている。



PRESS RELEASE

■論文情報

論文名 : Origins of Thermal Spin Depolarization in Half-Metallic Ferromagnet CrO₂

掲載紙 : *Physical Review Letters*

著者 : Hirokazu Fujiwara, Kensei Terashima, Masanori Sunagawa, Yuko Yano, Takanobu Nagayama, Tetsushi Fukura, Fumiya Yoshii, Yuka Matsuura, Makoto Ogata, Takanori Wakita, Koichiro Yaji, Ayumi Harasawa, Kenta Kuroda, Shik Shin, Koji Horiba, Hiroshi Kumigashira, Yuji Muraoka, and Takayoshi Yokoya

DOI : 10.1103/PhysRevLett.121.257201

URL : <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.121.257201>

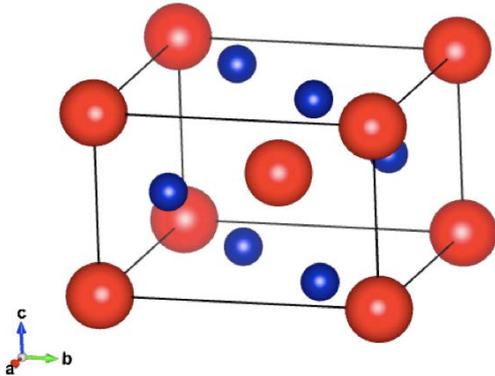
■研究資金

本研究は、科学研究費補助金（特別研究員奨励費）および文部科学省研究大学強化促進事業の支援を受けて実施されました。

■ 補足・用語説明

[1] CrO₂

クロム原子と酸素原子からなり、低温で 100%スピンの向きがそろった数少ないハーフメタルのひとつです。典型的な磁性材料であり、カセットテープにも使われていました。本研究では、研究室で作製した高品質 CrO₂ 試料を用いて実験を行っています。



左図 : CrO₂ の結晶構造

図の赤丸がクロム (Cr) 原子を、青丸が酸素原子を表しています。

[2] スピン分解光電子分光装置

物質に高いエネルギーの光を照射し、光電効果により放出される光電子の運動エネルギーを測定することにより、物質内部の電子エネルギーを測定することができます。また、特殊な検出器を利用することにより電子のスピンの向きを調べることもできます。本実験に用いた東京大学物性研究所のスピンの分解光電子分光装置は、従来の装置に比べて極めて高いエネルギー分解能を有しており、電気伝導を担う電子のスピンの向きを極めて高い精度で計測できます。



<お問い合わせ>

岡山大学 異分野基礎科学研究所

教授 横谷尚睦

(電話番号) 086-251-7897

(FAX番号) 086-251-7903



岡山大学は、国連の「持続可能な開発目標 (SDGs)」を支援しています。