

2017年 10月 16日

報道関係各位

電流を流すと半導体が磁石になる
～単体半導体テルルにおけるバルク電流誘起磁性の発見～

東京理科大学
岡山大学

研究の要旨

東京理科大学理学部第一部 古川哲也 助教、下川裕理学部 学生（当時）、伊藤哲明 准教授、岡山大学異分野基礎科学研究所 小林夏野 准教授らの研究グループは、単体元素テルル半導体に直流電流を流すと、非磁性体であるテルルに磁性を持たせることに成功しました。

●本研究成果は英国科学誌 Nature Communications 誌に 10月16日付けで掲載されます。
（報道解禁日時は日本時間で 10月16日（月）18時となります。）

【発表者】

古川哲也（東京理科大学 理学部第一部 応用物理学科 助教）

下川裕理（東京理科大学 理学部第一部 応用物理学科 学部学生：研究当時）

小林夏野（岡山大学 異分野基礎科学研究所 准教授）

伊藤哲明（東京理科大学 理学部第一部 応用物理学科 准教授）

【研究の背景】

近年、物質の磁氣的性質を電氣的に制御する電気磁気効果（注1）に注目が集まっています。この電気磁気効果を起こすことができる物質によって、スピントロニクス（注2）などの次世代技術の発展が期待されています。しかし、非磁性（注3）の半導体における電気磁気効果は、微細加工を施したデバイスや物質の表面でのみ確認されているに留まり、バルク結晶（注4）における電気磁気効果の決定的な証拠は見つかっていませんでした。

【研究成果の概要】

今回、我々は単体半導体テルルに電流を流し、電流が流れている間テルルが磁化していることを核磁気共鳴（注5）と呼ばれる手法を用いて発見しました。単体半導体テルルは、らせん構造からなる特殊な結晶構造を有しており（図1）、結晶構造を鏡に写したときに自分自

身と重ならないキラル（カイラル）という特徴を持っています。さらに、テルルは原子番号が 52 番目と重い元素であるため、スピン軌道相互作用（注 6）と呼ばれる、電子の軌道運動と電子のスピン（注 7）の間の相互作用が強いという特徴があります。これら二つの性質を持つ物質では、電子が結晶中で動く方向に応じて、磁化のマイクロな起源である電子スピンの方向が決まるという性質があります（図 2）。電流を流さない状態では、電子の運動方向がバラバラのため、スピンの向きにも偏りがなく磁化は生じません。一方で電流を流すと、電子の運動方向に偏りができるため、スピンの向きにも偏りができ、結果として結晶全体が磁化すると考えられます。今回、我々が核磁気共鳴法によって観測した電流によって誘起された磁化（図 3）は、このようにテルルが持つ特有の性質に基づくものだと考えられます。

【今後の展望】

非磁性半導体におけるバルク電流誘起磁化の発見は、非磁性体におけるバルク電気磁気効果という新しい学術分野の発展へと繋がるものであり、将来的にスピントロニクスなどの次世代情報処理技術、省エネルギー技術の発展へ寄与することが期待されます。また単体半導体という極めて単純な物質においても、今回のような新しい物理現象が見出されたことは、物質科学の持つ底知れない可能性を社会に提示するものと言えます。

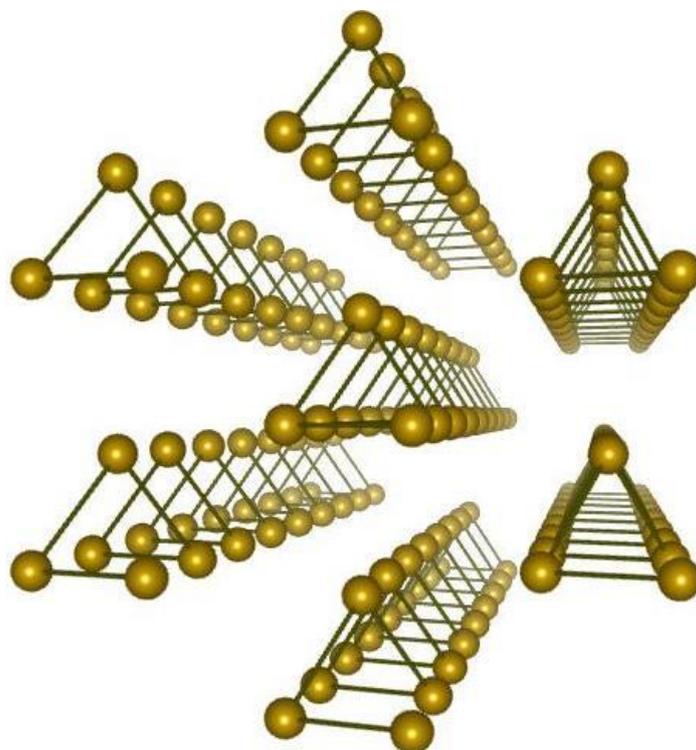
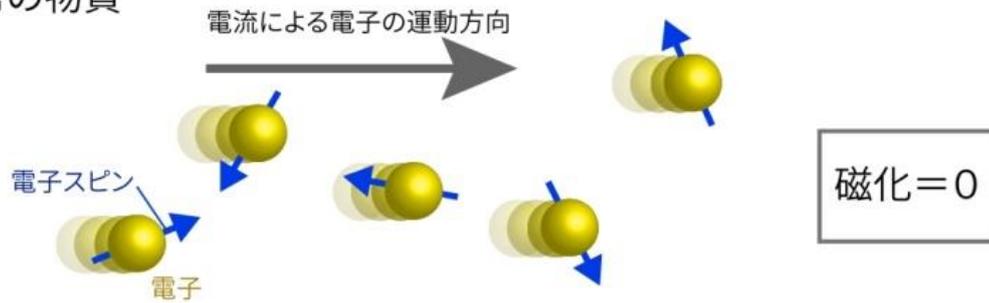


図 1 右手型半導体テルルの結晶構造

右巻きらせん構造が周期的に並んだ結晶構造をしている。

通常の物質



テルル

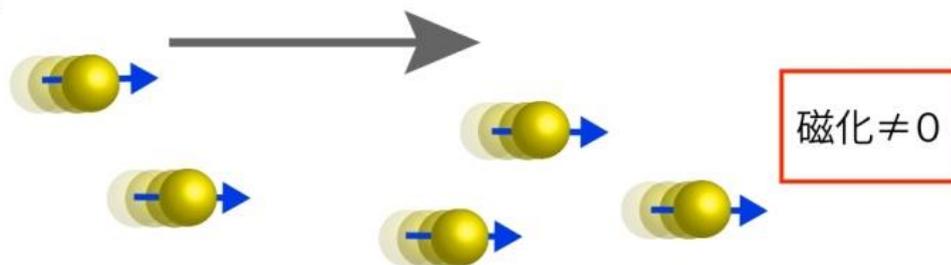


図2 電流印加による磁化発生概念図

通常物質ではスピンの向きと電子の運動の向きはバラバラであり、電流によって電子の運動の向きを偏らせても磁化は発生しない。テルルでは、強いスピノ軌道相互作用とキラルな結晶構造のため、電子の運動方向によってスピンの向きが決まっており、直流電流によってスピンの向きが揃うことで磁化が生じると考えられる。

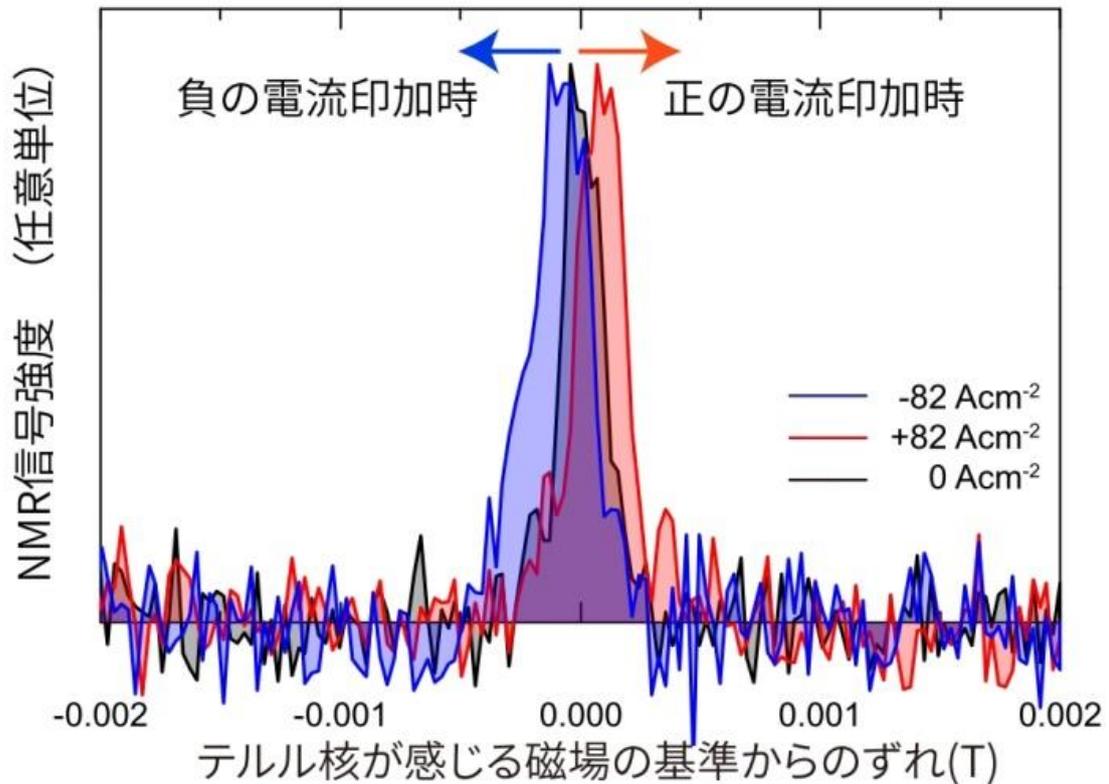


図3、核磁気共鳴によって観測されたテルルにおける電流誘起磁化

テルル原子核が電流誘起磁化によって生じる内部磁場を感じるため、電流を流すことでスペクトルがシフトする。横軸は電流を流していないときのスペクトルの重心を基準としている。

【発表雑誌】

雑誌名：「Nature Communications」

論文タイトル：

"Observation of current-induced bulk magnetization in elemental tellurium"

著者：

Tetsuya Furukawa, Yuri Shimokawa, Kaya Kobayashi, Tetsuaki Itou

DOI 番号：10.1038/s41467-017-01093-3

【用語解説】

(注1) 電気磁気効果：物質に電氣的 (磁氣的) 入力を加えることによって磁氣的 (電氣的) な応答が生じる現象。

(注2) スピントロニクス：従来のエレクトロニクスとは異なり、電子の持つ電荷の制御

に加え、電子のスピンも同時に制御することを目指す新しいエレクトロニクス。

(注3) 非磁性：磁化しない、あるいは極めて弱くしか磁化しないという物質の性質。

(注4) バルク結晶：薄膜、界面系、表面系と対比される、系の境界条件に性質が依存しない塊としての結晶の意味。

(注5) 核磁気共鳴：物質を静磁場中に置き、物質中の核スピン磁気モーメントを歳差運動させ、その運動周期に等しい周波数を持つ電磁波を核スピンの周りに存在する電子の情報を得ることができる。物質中の原子核の共鳴現象を観測することにより電子の運動を知ることができる実験手法。

(注6) スピン軌道相互作用：相対論的効果によって生じる電子の軌道運動とスピンの間に働く相互作用。原子番号が大きくなるほど効果が大きくなる。

(注7) スピン：軌道運動とは区別される電子の角運動量であり、便宜的に電子の自転という説明がされることがある。磁性の源であり、物質中でスピンの向きが揃うことで磁性が生じる。

【本研究内容に関するお問合せ先】

岡山大学 異分野基礎科学研究所 准教授 小林夏野

Tel : 086-251-8631