



令和2年9月29日

報道機関 各位

東北大学金属材料研究所

磁性強誘電体における熱の整流効果を世界で初めて観測

-エネルギーの有効利用への貢献に期待-

【発表のポイント】

- 磁気モーメントが秩序化し、なおかつ電気双極子も一方向に配列し強誘電性を示すマルチフェロイクスと呼ばれる物質における新奇な現象を確認しました。
- 磁化(磁気モーメントの平均)と電気分極(電気双極子の平均)が垂直な方向を向いているとき、これらの両方に垂直な方向で熱の流れが整流されることが分かりました。
- 熱の通りやすい方向は電場や磁場によって制御できるので、省電力の温度制御などエネルギーの有効利用に貢献することが期待されます。

【概要】

これまで、二つの物質の接合などでは熱の整流現象の観測がなされていましたが、一様な物質で熱の整流が観測された報告はありませんでした。東北大学金属材料研究所の小野瀬佳文教授、東京大学大学院総合文化研究科大学院生および東北大特別研究学生の廣金優二(現在日立金属)らは、磁性強誘電体において熱の整流効果を世界で初めて観測しました。磁気モーメントが秩序化してなおかつ電気双極子の方向もそろっている磁性をもった強誘電体はマルチフェロイクスと呼ばれます。本研究では、マルチフェロイクスにおいて、磁化(磁気モーメントの平均)と電気分極(電気双極子の平均)が垂直な方向を向いているとき、これらの両方に垂直な方向で熱の流れが整流されることを明らかにしました。本研究成果は、省電力の温度制御などエネルギーの有効利用へ貢献することが期待されます。

本研究の詳細は *Science Advances* に 2020 年 9 月 30 日(米国時間)に掲載されます。

【詳細な説明】

○研究背景

磁気モーメントが秩序化してなおかつ電気双極子が一方向に整列した物質をマルチフェロイクスとよびます。ここでは磁性と誘電性が結合して様々な非自明な効果が現れます。特に、磁化と電気分極が垂直になったときには、これらの外積の方向(両方に垂直な方向)に非相反性とよばれる一方向性が電気伝導や光応答に表れることが知られています。本研究では、熱に関する非相反性である熱の整流効果の観測に成功しました。

○成果の内容

代表的なマルチフェロイクス物質である TbMnO_3 において、図1のように、電気分極と磁化が垂直な状態で、それらの外積方向において方向の正負で熱伝導度の違いが現れる現象すなわち熱流の整流効果を観測しました。この整流効果は、電気分極や磁化の符号に依存しており、例えば電場を印加して電気分極を反転すると熱流が通りやすい方向も逆になる性質があります。

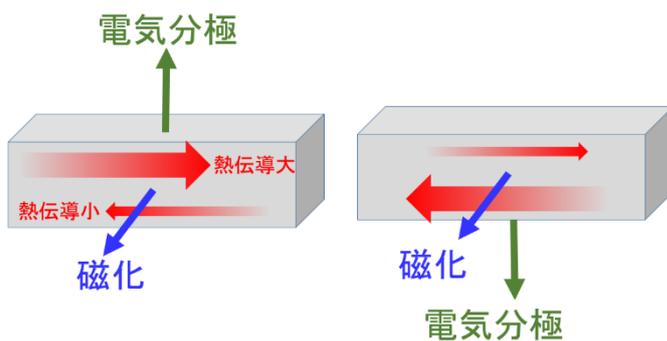


図1磁性強誘電体(マルチフェロイクス)における熱流の整流効果。電気分極と磁化が垂直のとき、その両方に垂直な方向に熱流の整流効果が現れる。電気分極や磁化を反転すると熱の通りやすい方向も逆になる。

○意義・課題・展望

熱の整流効果は過去に二つの物質の接合界面などで観測されていましたが、一様な物質で熱の整流が観測されたのは初めてです。また、本研究における熱の整流効果の特徴は外場で制御できる電気分極や磁化によって熱の通りやすい方向が決まることです。この性質を用いて、熱の通りやすい方向を自在に切り替えられる「スマートな」熱のダイオード素子への応用が期待できます。

○発表論文

雑誌名: Science Advances

英文タイトル: Nonreciprocal thermal transport in a multiferroic helimagnet

全著者: Y. Hirokane, Y. Nii, H. Masuda, Y. Onose

○共同研究機関および助成

本研究の成果は、東京大学大学院総合文化研究科の大学院生および東北大学特別研究学生の廣金優二（現在 日立金属）、東北大学金属材料研究所の小野瀬佳文教授、新居陽一助教、増田英俊助教の共同研究によって得られたものです。本研究は、JSPS 科研費（課題番号：16H04008, 17H05176, 18K13494）、JST さきがけ、村田学術振興財団、三菱財団によって助成を受けました。

本件に関するお問い合わせ先

◆研究内容に関して

東北大学金属材料研究所

量子機能物性学研究部門

小野瀬佳文

TEL: 022-215-2040

Email: onose@imr.tohoku.ac.jp

◆報道に関して

東北大学金属材料研究所 情報企画室広報班

TEL: 022-215-2144 FAX: 022-215-2482

Email: pro-adm@imr.tohoku.ac.jp