

塚崎 敦

東北大学金属材料研究所
教授

トポロジカル機能界面の創出

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題では、トポロジカル物質群の特長を活用する機能的界面の創製を目標に、理論と実験の協同で研究を展開している。2018 年 10 月の採択以降、個々のグループでそれぞれ、未開拓なトポロジカル物質群の薄膜化やトポロジカルな性質を反映した現象の理論的予測に取り組みつつ、理論と実験の効率的な協奏による革新的機能のデバイス実現を目指している。今年度は、トポロジカル物質群の特異な電子構造がもたらす異常ホール効果に着目して、鉄とスズで構成される合金薄膜を用いた新しいホール素子を開発した。この素子は、従来の半導体素子とは異なる性質で磁場を検出しており、トポロジカル物質群の有する磁場検出機能の有効性を実証した。鉄とスズという従来の半導体材料よりも安価な元素で構成され、汎用的な手法で合成が可能、かつフレキシブルな素子応用も見込むことができる。具体的には、室温でスパッタリング法を用いて薄膜を合成することで、非晶質を母体とする鉄のカゴメ格子ナノ結晶を含む薄膜が得られた。室温合成のため、やわらかいプラスチック基板の上にも薄膜を合成してフレキシブル素子作製と動作実証を行った(図 1)。作製した薄膜で磁場検出の特性を検証したところ、半導体素子の中では一般的な感度を持つ Si 系素子と同等の性能を示した。今回の素子の動作機構である異常ホール効果は、鉄とスズのナノ結晶が持つ特別な電子構造に起因していると考えており、従来からよく知られる磁石薄膜よりも非常に大きな特性値を示す。したがって、今回の成果は、特別な電子構造に由来する異常ホール効果を活用することで、汎用元素で構成されるトポロジカル物質群が室温動作の磁場センサーに有用なことを見出した点にある。今後、理論的な検討と実証実験を協力的に進めて、感度の向上や新たな物質候補の探索を行うとともに、トポロジカル物質群の特長を活かした新しい原理に基づく革新的機能素子の開発に取り組む。

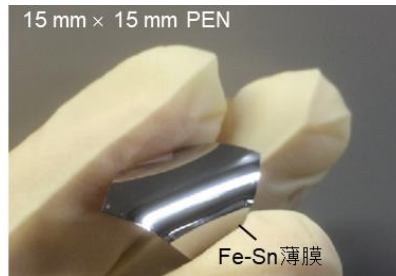


図 1. フレキシブル基板上に作製した Fe-Sn ホール素子の写真

【代表的な原著論文】

1. Yosuke Satake, Kohei Fujiwara, Junichi Shiogai, Takeshi Seki, and Atsushi Tsukazaki, “Fe-Sn nanocrystalline films for flexible magnetic sensors with high thermal stability”, Scientific Reports, vol. 9, 3282-1-7, 2019.

§ 2. 研究実施体制

(1) 塚崎グループ

- ① 研究代表者: 塚崎 敦 (東北大学金属材料研究所 教授)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカル物質群の薄膜合成技術開発、界面形成とデバイス作製および各種物性評価
 - ・マヨラナ粒子観測の舞台となる薄膜・界面の基盤技術開拓
 - ・新規に合成した薄膜や界面のトポロジカル性の実験的検証

(2) 求グループ

- ① 主たる共同研究者: 求 幸年 (東京大学大学院工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・第一原理計算を用いたトポロジカル物質の探索およびヘテロ界面物性の理論予測
 - ・第一原理計算に立脚した現実的な理論モデルの構築とトポロジカル物性の開拓
 - ・大規模数値計算を用いた強相関トポロジカル相とそれを用いたヘテロ界面物性の探索

(3) 野村グループ

- ① 主たる共同研究者: 野村 健太郎 (東北大学金属材料研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・量子異常、トポロジカル場の理論に基づくトポロジカル物性と新規機能の探索
 - ・トポロジカル物質の動的磁気輸送現象の理論構築
 - ・磁性ディラック物質のスピン軌道結合による磁気伝導特性