

微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出
平成 28 年度採択研究者

2018 年度
実績報告書

中村 優男

理化学研究所 創発物性科学研究センター
上級研究員

バルク光起電力効果による光電変換プロセスの機構解明と高効率化に向けた新材料
開拓

§ 1. 研究成果の概要

本さきがけ研究の目的は、「シフト電流」と呼ばれる空間反転対称性の破れた物質で発現する光電流の本質を実験的に解明し、その増大を可能とする物質設計指針を確立することで、特に赤外光を高効率で電気エネルギーに変換する新しい環境発電素子の開拓への道筋を開くことである。通常の電流は電位勾配の存在する物質中を電子が様々な散乱を受けながら流れる散逸流であるのに対し、シフト電流は光学遷移にともなう電子波動関数の量子力学的な位相の変化で生じる電流であり、非散逸で高速応答性を持つことが理論的に予想されている。

2018 年度は、シフト電流の本質を解明するために、強誘電半導体 SbSI のバルク単結晶試料を用いて、①シフト電流の欠陥耐性の実証、及び ②シフト電流のダイナミクスの解明 を行った。また、シフト電流光電変換のデバイス実証に向けて③SbSI の薄膜作製 にも取り組んだ。

① シフト電流の欠陥耐性の実証：SbSI 単結晶試料は、試料成長時のわずかな条件の違いで 6 桁以上もの伝導度の変化が生じる。これは、結晶成長時に試料中に生じた欠陥による残留キャリアの発生に起因すると考えられる。このように試料中の欠陥長を大幅に変化させても、シフト電流は常に同程度の値を示した。この結果は、シフト電流が欠陥に対する高い堅牢性を持っており、バンド構造のトポロジーだけで決まる電流であることを示している。

② シフト電流のダイナミクスの解明：THz 時間領域分光法により、フェムト秒のパルス光照射に対するシフト電流の過渡応答を調べた(図 1)。シフト電流は励起光とほぼ同じ時間スケールで高速応答することが確認された(図 2)。また脱励起過程で生じる逆流電流や緩和遅延も観測された。

③ デバイス実証に向けた SbSI 薄膜作製：Sb₂S₃ と SbI₃ をソースとする分子線エピタキシー法により SbSI 薄膜の作製を行った。適切なバッファー層とキャップ層を導入することで、分極軸である *c* 軸が基板面垂直方向に揃った配向膜の作製に成功した。作製した薄膜が強誘電特性を持つことを圧電力応答顕微鏡によって確認した。

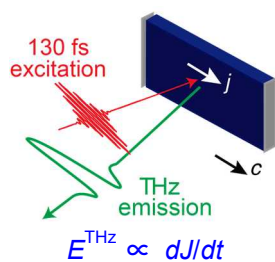


図1 THz時間領域分光によるシフト電流のダイナミクス観測の概念図。

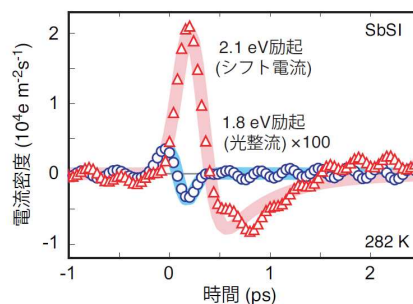


図2 パルス幅 130 fs パルス光照射に対するシフト電流の過渡応答の結果。

§ 2. 研究実施体制

①研究者: 中村 優男 (理化学研究所 創発物性科学研究センター 上級研究員)

②研究項目

- ・試料作製 (バルク単結晶、薄膜)
- ・電気伝導測定
- ・光起電力測定
- ・分光測定