

2023 年度
 創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	福本恵紀
研究機関名	高エネルギー加速器研究機構
所属部署名	物質構造科学研究所
役職名	特任准教授
研究課題名	あらゆる半導体デバイスに適用できるオペランド観測技術の確立
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

半導体デバイスが動作している環境下で電荷キャリアの動きが可視化できるフェムト秒パルスレーザーを励起光源とする光電子顕微鏡装置 (femtosecond photoelectron emission microscopy: fs-PEEM) の開発を進めている。この手法をスピントロニクスデバイスの観測へ拡張することを目的とし、表面準位にスピン状態をもつ 3 次元トポロジカル絶縁体の電子ダイナミクス観測から開始した。典型的な 3 次元トポロジカル絶縁体である Bi_2Se_3 は、2 層の Bi 原子シートと 3 層の Se 原子シートでひとつのユニット (quintuple layer: QL) を形成している。QL と QL が van der Waals 力で弱く結合して単結晶を形成している。機械的な剥離では QL 間で剥離され、Se シートが最表面に現れることが予想される。しかし、100 fs, 100 nm, 30 meV の時間、空間、エネルギー分解能で電子ダイナミクスを観測した結果 (図 1, 2), QL 内でも剥離が起こり、表面を末端する元素はランダムであることが明らかとなった (図 3)。この成果は、Scientific Reports (2024) に掲載された。

今後、本創発事業で開発・作製した PEEM 用特殊試料ホルダーを利用し、試料に電圧を印加しながら電子とスピン流の同時観測へ発展させる。

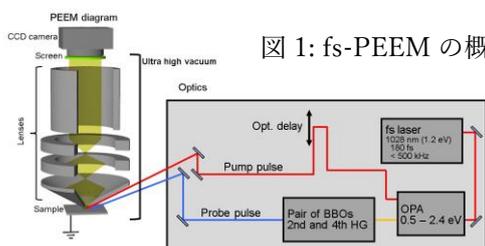


図 1: fs-PEEM の概略図。

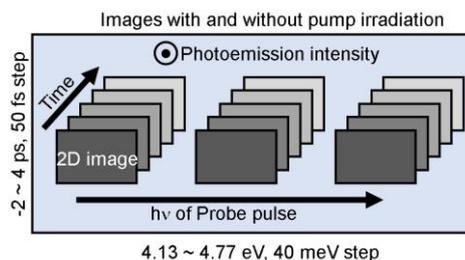


図 2: fs-PEEM 測定 の 条件。

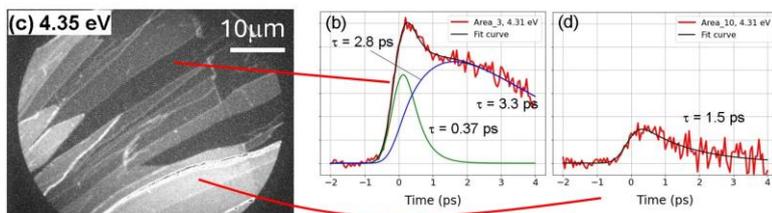


図 3: 表面末端元素により電子ダイナミクスが異なる。