

課題番号 : 2021B-E25  
 利用課題名 (日本語) : 強磁性薄膜物質におけるトポロジカル状態及びワイル半金属の磁気・電子状態解明  
 Program Title (English) : Unveiling of topological states in ferromagnetic heterostructures and magnetic/electronic states in Weyl semi-metals  
 利用者名 (日本語) : 岡野諒<sup>1)</sup>, 武田崇仁<sup>1)</sup>, 小林正起<sup>1)</sup>  
 Username (English) : R. Okano<sup>1)</sup>, T. Takeda<sup>1)</sup>, M. Kobayashi<sup>2)</sup>  
 所属名 (日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科  
 Affiliation (English) : 1) Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo,  
 キーワード : **Topological insulator, Photoemission spectroscopy, X-ray magnetic circular dichroism**

### 1. 概要 (Summary)

電子の「電荷」と「スピン」を組み合わせるスピントロニクスは、「電荷」の自由度を用いている現在のエレクトロニクスを発展させる、次世代のエレクトロニクスとして期待されている。特に半導体スピントロニクスは、既存の半導体技術つまり半導体結晶成長やプロセス技術との親和性が高く、量子情報技術や量子物性を実用デバイスへ応用するために重要となる。本研究課題では、スピントロニクス物質として注目を集めるトポロジカル絶縁体やワイル半金属の電子状態を調べることで、それらのデバイス応用へ向けた新奇強磁性物質の基礎物性の解明を目的とする。トポロジカル絶縁体を用いた BiSb/Co ヘテロ構造における

から、非磁性元素である Sb においても磁性を担う遷移金属イオンと一致する磁気的な振舞いが観測された。この結果は、遷移金属と配位子の混成によりトポロジカル表面状態と強磁性が結合したことを示唆しており、物性理解やデバイスデザインにおいて重要な結果であると考えられる。

### 2. 実験 (目的, 方法) (Experimental)

測定には、SPring-8 重元素科学ビームライン (BL23SU) の光電子分光装置および XMCD 装置を用いた。測定した試料は、スパッタ法により成長した Bi<sub>0.9</sub>Sb<sub>0.1</sub>/Co ヘテロ構造である。XMCD 測定は、温度  $T = 10$  K で印加磁場の大きさを 0.1 から 7 T の間で変えてスペクトル測定を行った。

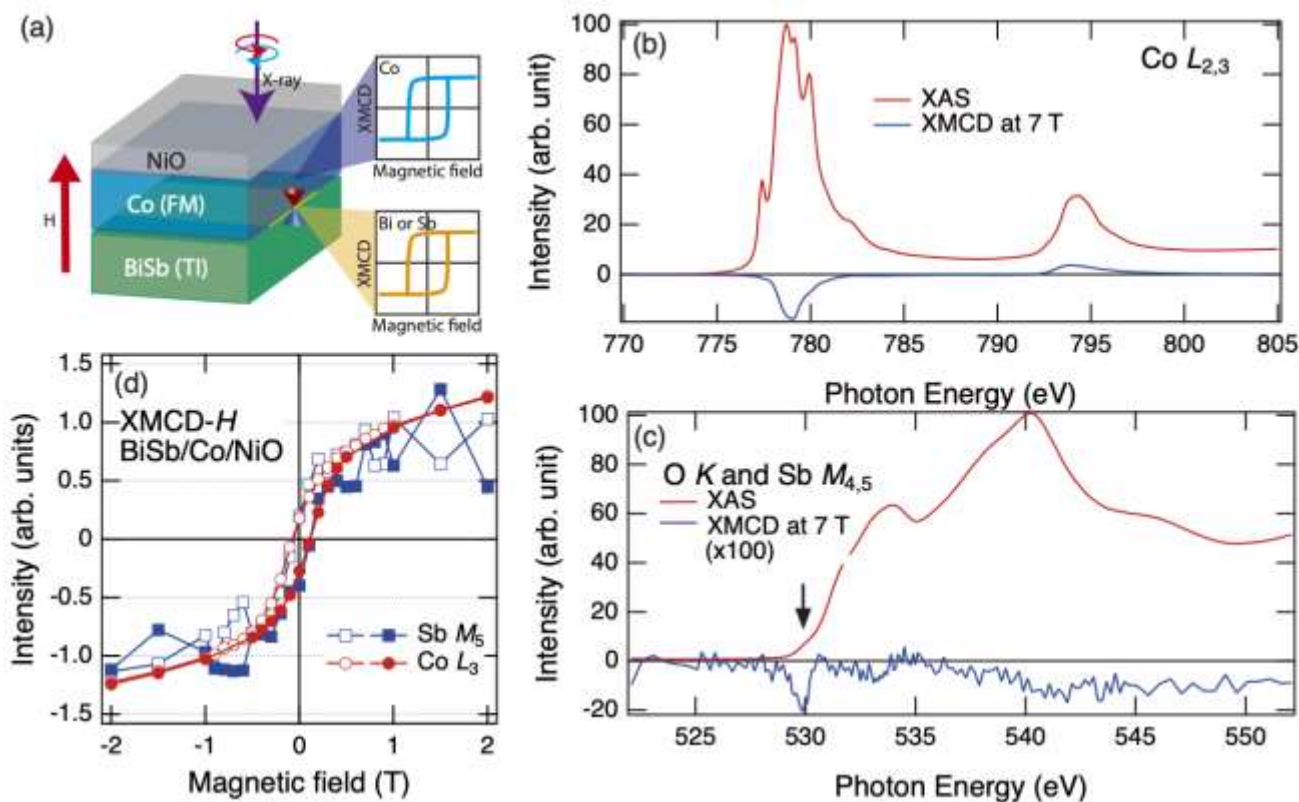


図 1. NiO/Bi<sub>0.9</sub>Sb<sub>0.1</sub>/Co ヘテロ構造における XMCD 測定. (a) 試料構造. (b), (c) Co  $L_{2,3}$  および Sb  $M_{4,5}$  XMCD スペクトル. (d) XMCD 強度の磁場依存性 (XMCD-H 曲線).

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

BiSb/Co ヘテロ構造における XMCD 測定では、BiSb と Co の界面状態の結合あるいは近接効果によって、トポロジカル表面状態に磁性が誘起されることが期待される (図 1(a))。図 1(b)および 1(c)はそれぞれ、Co  $L_{2,3}$  端および Sb  $M_{4,5}$  端で観測された X 線吸収分光 (XAS) および XMCD スペクトルを示す。Co 膜は強磁性を示すことがよく知られているが、今回の試料においては非磁性元素である Sb 端においても微弱だが有限の XMCD 信号を観測した。実際に、BbSb における磁気的な振る舞いは Co と一致しており (図 1(d))、BiSb/Co 界面における結合により非磁性の Sb イオンに磁化が誘起されたと考えられる。マクロな物性計測から、BiSb 層から Co 層へ Sb の拡散があることが

示唆されており、Co 層へ拡散した Sb の強磁性的な振る舞いも影響した可能性がある。今後の測定によって界面の Sb のみを検出できるように試料構造を改良することで、本結果を検討する。

### 4. その他・特記事項 (Others)

BL23SU での実験に関して、原子力研究機構の竹田幸治氏、藤森伸一氏、にご支援いただいた。本研究の一部は、スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の支援を受けて行われた。