

課題番号 : 2015A-E29
利用課題名 (日本語) : 新奇異常ホール系の内殻吸収磁気円二色性分光
Program Title (English) : X-ray magnetic circular dichroism of anomalous Hall effect systems
利用者名(日本語) : 叶茂¹⁾, 朱思源²⁾, 竹田幸治³⁾, 斎藤祐児³⁾, 喬山¹⁾, 木村昭夫²⁾
Username (English) : M. Ye¹⁾, S. Zhu²⁾, Y. Takeda³⁾, Y. Saitoh³⁾, S. Qiao¹⁾, A. Kimura²⁾
所属名(日本語) : 1) 中国科学院上海微系統研究所, 2) 広島大学, 2) 日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) : 1) SIMIT, CAS 2) Hiroshima Univ. 3) JAEA
キーワード : 異常量子ホール効果, 磁性トポロジカル絶縁体, 非磁性元素

1. 概要 (Summary)

量子ホール効果は半導体の電気伝導度が量子化される現象で、1980 年にはじめて観測された。しかしながら、量子ホール効果は、極低温、強磁場という2つの環境がそろってはじめて実現するため、基礎研究の域を出ることはなく、実用化にはほど遠いものと考えられていた。

ところが、2013 年になりトポロジカル絶縁体として知られる $(\text{Sb,Bi})_2\text{Te}_3$ に V や Cr をドーブした磁性トポロジカル絶縁体において、外部磁場を必要としない量子ホール効果、すなわち異常量子ホール効果が観測され大きな反響を呼んだ^{1,2)}。ただし、量子ホール効果において外部磁場を必要としない点は改善されたが、極低温を必要とする点は未だ大きな課題として残っている。その理由の一つとして、磁性トポロジカル絶縁体のキュリー温度が 10-30K 程度ととても低いことが挙げられる。これを解決するためには、より高いキュリー温度を持つ磁性トポロジカル絶縁体が必要となる。一方で、磁性トポロジカル絶縁体の磁性イオンは微量にしか存在しないため、磁性イオン間の平均距離が長く、直接的な相互作用はかなり弱く強磁性の原因としては考え難い。そのため、磁性イオンのスピン同士をつなげる「のり」の役割をする何かが必要となってくる。その候補として、母体の $(\text{Sb,Bi})_2\text{Te}_3$ に含まれる Sb (アンチモン)、Bi (ビスマス)、Te (テルル) といったいわゆる非磁性元素の電子が挙げられ、それらが磁性イオン間を媒介する必要があると発案し、それらの磁気モーメントを捉える必要があるとして実験に踏み切った。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

実験は大型放射光施設 SPring-8 の JAEA ビームライン BL23SU にて行った。超伝導電磁石を用いて試料を磁化し、左右円偏光放射光を 1Hz で試料に交互に当てることで XMCD シグナルを得た。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

本研究では異常量子ホール効果が観測された磁性トポロジカル絶縁体の $\text{V}_x(\text{Sb}_{1-y}\text{Bi}_y)_{2-x}\text{Te}_3$ に注目し、その強磁性の発現機構を調べるために内殻吸収スペクトルにおける XMCD を観測した。V 2p→3d 内殻吸収端はもちろんのこと、Te 3d→5p および Sb 3d→5p 内殻吸収端においても微小ながらも明確な XMCD を観測した。それらの XMCD の符号の関係から、Te 5p および Sb 5p 電子のスピン磁気モーメントは V 3d のそれに対しそれぞれ反平行、平行に結合していることが分かった。本研究で、Te や Sb の 5p 電子が V のスピン同士をつなげる「のり」の役割をし、磁性トポロジカル絶縁体 $\text{V}_x(\text{Sb}_{1-y}\text{Bi}_y)_{2-x}\text{Te}$ の磁石になる原因となっていることを明らかにした。

4. その他・特記事項 (Others)

これまで JAEA ビームライン BL23SU にナノテクノロジープラットフォーム課題 (2013A3880, 2013B3880) ののもと $\text{Cr}_x(\text{Sb}_{1-y}\text{Bi}_y)_{2-x}\text{Te}_3$ について実験を行い成果が得られている³⁾。またその成果をもとにプレス発表を行った。