

トポロジカル絶縁体が磁石になるメカニズムを解明

利用者：^a広島大学, ^b中国科学院上海微系統研究所 木村昭夫^a, 叶茂^b, 喬山^b
 研究支援者：日本原子力研究開発機構 斎藤祐児, 竹田幸治

【研究目的】

近年、トポロジカル絶縁体（電流が流れない絶縁体の表面で金属状態を示す物質）が注目されている。ごく最近、この一種(Sb,Bi)₂Te₃に磁性元素クロム(Cr)を微量添加することにより、エネルギー損失なく試料表面に電流が流れる、量子異常ホール効果という新現象が観測され、世界中で大きな注目を浴びている[1]。本現象は、Cr添加による強磁性の発現に関係すると考えられているが、極低温でしか起こらないため、室温以上の強磁性転移温度(T_C)を持つトポロジカル絶縁体の開発が切望されている。本研究では、同系の強磁性発現機構を探るべく、大型放射光施設SPring-8のBL23SUにおいて、軟X線内殻吸収磁気円二色性(XMCD)実験を行った。その結果、Crだけでなく非磁性原子SbやTeの極わずかな磁気モーメントを詳細に捉えることにより、強磁性発現機構の解明に成功した[2]。

【成果】

- Cr 2p→3d吸収端だけでなく、Te およびSb 3d→5p内殻吸収端においても微小ながら明確なXMCDを観測。
- 観測されたXMCDの符号の関係から、Te 5p、Sb 5p電子のスピンの磁気モーメントはCr 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を解明。

本研究で、TeやSbの5p電子がCrのスピンの「のり」の役割をし、磁性トポロジカル絶縁体Cr_x(Sb_{1-y}Bi_y)_{2-x}Te₃の磁石になる原因となっていることを初めて明らかにした。本研究は、外部磁場を必要としない高い T_C を持ち、室温における異常量子ホール効果の発現に向けた新しい物質設計への指針を与えると同時にトポロジカル絶縁体を利用した次世代の超低消費電力スピン・デバイスへの開発や、超高速の電子を利用した次世代型のスーパーコンピュータへの開発につながっていくものと期待される。

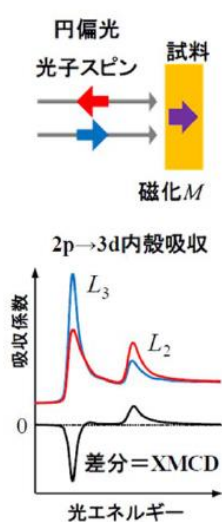


Fig.1 XMCDの概念図

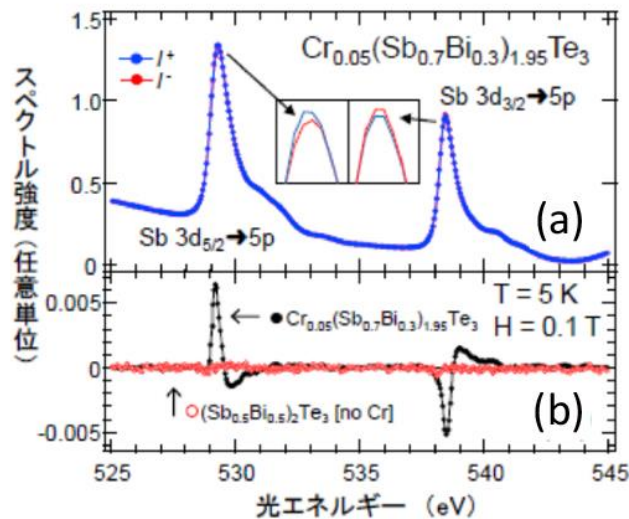
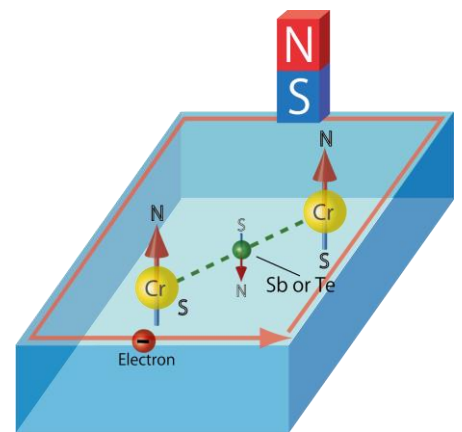
Fig.2 Cr_x(Sb_{1-y}Bi_y)_{2-x}Te₃のTe 3d→5p吸収端での実験スペクトル(a)XAS, (b)XMCD。測定温度は5K,磁場0.1T。

Fig.3 TeやSb 5p電子が遠く離れたCrのスピンの「のり」の役割を担う。

【支援実施機関からのコメント】

*本研究は、世界最高レベルの精度を有するXMCD測定システムを活用し、世界的に注目されている磁性トポロジカル絶縁体の強磁性発現機構を明らかにした。学術面、並びに応用面においても大きな意義が有り、継続的な支援を必要とする。

【参考文献等】

[1] C.-Z. Chang, W. Zhao, D. Y. Kim, H. Zhang, B. A. Assaf, D. Heiman, S.-C. Zhang, C. Liu, M. H. W. Chan, and J. S. Moodera, Nat. Mater. 14, 473 (2015). <http://www.nature.com/nmat/journal/v14/n5/full/nmat4204.html>

[2] M. Ye, W. Li, S. Zhu, Y. Takeda, Y. Saitoh, J. Wang, H. Pan, M. Nurmamat, K. Sumida, F. Ji, Z. Liu, H. Yang, Z. Liu, D. Shen, A. Kimura, S. Qiao, and X. Xie, Nat. Comm. 6, 8913 (2015). <https://www.nature.com/articles/ncomms9913>