

課題番号 : 2015B-E29  
利用課題名 (日本語) : トポロジカル希薄磁性半導体の内殻吸収磁気円二色性分光  
Program Title (English) : XMCD in core absorption spectra in topological diluted magnetic semiconductor  
利用者名(日本語) : 黒田慎司<sup>1)</sup>, 秋山了太<sup>2)</sup>, 竹田幸治<sup>3)</sup>, 斉藤祐児<sup>3)</sup>, 木村昭夫<sup>4)</sup>  
Username (English) : S. Kuroda<sup>1)</sup>, R. Akiyama<sup>2)</sup>, Y. Takeda<sup>3)</sup>, Y. Saitoh<sup>3)</sup>, A. Kimura<sup>4)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 筑波大学, 2) 東京大学, 3) 日本原子力研究開発機構, 4) 広島大学  
Affiliation (English) : 1) Tsukuba Univ., 2) Univ. Tokyo, 3) JAEA, 4) Hiroshima Univ.  
キーワード : トポロジカル結晶絶縁体 (TCI), 磁性不純物, (Sn,Mn)Te

## 1. 概要 (Summary)

IV-VI 族半導体 SnTe はトポロジカル結晶絶縁体(TCI)であることが理論的に予測され[1]、Tanakaらによって実際にトポロジカル表面状態が観測された[2]物質である。通常のトポロジカル絶縁体が時間反転対称性を起源としてトポロジカル表面状態が生じるのに対して、TCIにおいては結晶の鏡映対称性を起源としてトポロジカル表面状態が生じるため、TCI に磁性不純物を導入することにより時間反転対称性を破った系における表面状態に興味もたれる。本研究では磁性元素として Mn を添加した磁性混晶 (Sn,Mn)Te を作製し、その磁化特性を調べた。

## 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

BaF<sub>2</sub>(111)を基板とし、SnTe,Mn および Te を分子線源として用いて(Sn,Mn)Te 薄膜をMBE成長した。Te 分子線源を用いて作製した(Sn,Mn)Te は Te 分子線源を用いずに作製した(Sn,Mn)Te と比べ正孔濃度が高くなり、供給する Te 分子線供給量(flux)を変化させることで最大 10 倍程度の範囲で制御できる[3]。XRD で作製した試料の結晶構造を評価し、SQUID により磁化の磁場、温度依存性を測定した。一部の試料は磁気円二色性(XMCD)測定を行った。キャリア濃度は室温でのホール測定により評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

本研究では、まず SnTe の flux を一定として Mn の flux を調節し、Mn 組成を 0-6%の範囲で変化させた一連の試料を作製した。Mn 組成 6%以下の範囲では XRD から異相の存在は確認されず、(111)方向に成長した単結晶薄膜が得られることがわかった。Mn 組成を変化させた試料の SQUID と XMCD による磁化の磁場依存性はともに常磁性的であり、磁化の逆数の温度依存性から導かれる常

磁性キュリー温度は負の値となり、Mn 間の相互作用は反強磁性的であることが示された。次に、Mn flux を一定にして (Mn 組成 4.3%)、SnTe に加えて Te flux を付加し、正孔濃度を変化させた一連の試料を作製した。SQUID による磁化測定の結果から、正孔濃度を増加させた(Sn,Mn)Te において M-H 曲線での磁化が強磁性的に低磁場で立ち上がる振る舞いが観測された。加えて、正孔濃度を増加させた試料では常磁性キュリー温度が正の値となり、Mn 間に強磁性的な相互作用が働いていることが示された。しかし、XMCD の信号強度の磁場依存性は常磁性的であり、温度依存性から導いた常磁性キュリー温度も負となり、SQUID の結果とは逆に Mn 間に反強磁性的な相互作用が働いていることが示唆された。2つの測定における振る舞いの違いは SQUID が試料全体の磁化を測定しているのに対し、XMCD は表面の磁化に敏感な測定であるためであり、作製した(Sn,Mn)Te の磁化特性が表面とバルクとで異なる可能性がある。

## 4. その他・特記事項 (Others)

特になし