

課題番号 : F-15-AT-0096  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> 薄膜構造・組成解析  
 Program Title (English) : Characterization of lattice structure and compositions of Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> thin films  
 利用者名(日本語) : 片山郁文  
 Username (English) : I. Katayama  
 所属名(日本語) : 横浜国立大学大学院工学研究院  
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Yokohama National University

## 1. 概要(Summary)

Bi 系の薄膜は、電子状態のバンド構造が有限質量の Dirac 電子と同等になるため、特異な物性を数多く示す系として知られている。例えば非線型ランダウ準位や、大きな反磁性、磁気抵抗効果などが知られている。近年ではトポロジカル絶縁体との関連や、非線型テラヘルツ応答などが注目を集めている[1,2]。そこで、本研究では Bi 薄膜にアンチモンドープをするとバンド構造が変化することに着目し、その薄膜を製作した上で非線型テラヘルツ応答を明らかにすることを目指す。そのために、産業技術総合研究所の共用設備を利用して、薄膜の結晶構造、膜厚、組成の評価を目指した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

蛍光 X 線分析装置、薄膜 X 線回折装置、X 線回折装置

### 【実験方法】

本研究ではまず、薄膜の組成を評価するために、分子線エピタキシー法によって作製した薄膜を蛍光 X 線分析装置にて評価した。作製した薄膜はアンチモン濃度をそれぞれ、4%、8%、12%、16%としたものを作製した。ただし、この組成は事前に算定した蒸着レートを用いたものであり正確ではない。そこで、蛍光 X 線分析法を用いることとした。また、薄膜の膜厚についても、蛍光強度の分析と、X 線全反射分光法によって評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure 1 に得られた蛍光 X 線のエネルギー分布を示す。得られたスペクトルは多数のピークからなるが、このうち Bi、Sb のみに由来し、他の成分からの影響を受けないピークを選出した。ビスマスは、M $\alpha$  線、アンチモンは L $\beta$  線を用いて、組成と膜厚を評価した。作製時に意図した

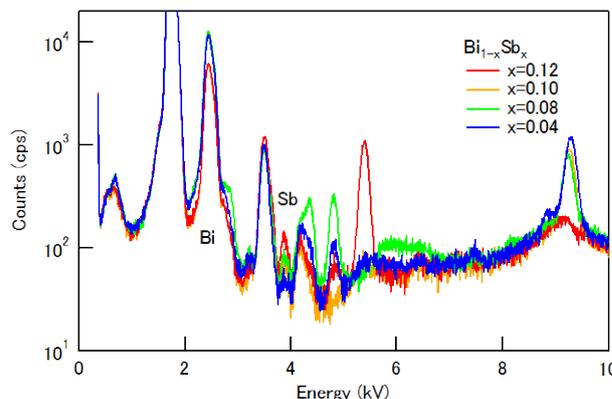


Figure 1: X-ray fluorescence (XRF) spectra of Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> thin films. The peaks indicated by “Bi” and “Sb” are used for evaluation of Sb concentration and thickness.

Table 1: Intended and observed Sb concentrations and thicknesses of Bi<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>.

Sb concentration (intended)	Sb concentration (XRF)	Film thickness (XRF)
x=0.04	x=0.003	72 nm
x=0.08	x=0.023	104 nm
x=0.10	x=0.069	53 nm
x=0.12	x=0.158	38 nm

膜厚は 40 nm であったが、Bi ピークの強度が大きく異なることからわかるように、一部の試料で厚いことが分かる。この結果を確認するために、現在 X 線反射分光の結果を解析中である。Table 1 に評価された膜厚と組成をまとめたものを示す。このように作製した薄膜の評価の際に非常に重要な幾つかのパラメータを得ることができた。

## 4. その他・特記事項(Others)

### 参考文献

- [1] K. Yokota, et al., Appl. Phys. Lett., **100**, 251605: pp.1-5 (2012).  
 [2] Y. Minami, et al., Sci. Rep. **5**, 15870:pp. 1-6 (2015).

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。