

課題番号 : F-19-IT-0019  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 埋め込み MRAM に向けたスピンドル源 BiSb の熱耐久性の向上  
 Program Title (English) : Improved thermal stability of BiSb spin source for embedded MRAM  
 利用者名(日本語) : 中野 総一郎<sup>1)</sup>、ファム ナム ハイ<sup>1)</sup>  
 Username (English) : Soichiro Nakano<sup>1)</sup>, Pham Nam Hai<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 東京工業大学 工学院 電気電子系  
 Affiliation (English) : 1) Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Tech.  
 キーワード/Keyword : トポロジカル絶縁体、磁気抵抗メモリ、成膜・膜堆積

## 1. 概要(Summary)

トポロジカル絶縁体である BiSb は高いスピホール角と伝導率を持ち合わせおり、スピ軌道トルク磁気抵抗メモリを構成するスピンドル源層の材料として応用が期待されている。しかし BiSb の融点は 300°C 程度と低く、埋め込み磁気抵抗メモリなどのプロセスの制約を受けるデバイス応用には熱耐久性の課題がある。今回の研究は BiSb 薄膜に保護層として Cr、Ti または MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> を接合させることで 400°C または 500°C の加熱処理を行っても、BiSb 拡散抑制および結晶性の維持ができることを示した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高真空蒸着装置

### 【実験方法】

埋め込み磁気抵抗メモリ応用にむけたスピンドル源層 BiSb の熱耐久性の向上のための保護層材料を BiSb の単結晶薄膜の上に堆積させ、超高真空で加熱処理を行い、保護層としての効果を評価した。本研究ではスピンドル源層から自由層へのスピンドル注入を阻害しない軽金属(Cr, Ti)、またはシャント電流が抑制できる絶縁材料(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)による熱耐久性の実現を目指した。

試料は分子線エピタキシー法により GaAs(111) 基板上に BiSb (001) 配向の単結晶薄膜を成膜し、大気開放後、続けて Cr もしくは Ti を電子線蒸着装置で、または MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> をマグネトロンスパッタ装置で堆積させ作製した。作製した試料を超高真空中で 400°C または 500°C で 10 分間加熱し、X 線回折法や電子線透過顕微鏡を用いて BiSb 薄膜の加熱処理の影響を評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

保護層材料 Cr, Ti, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> をそれぞれ積層した試料において 400°C、10 分の加熱処理後であっても、保護層と BiSb の界面が急峻であり、BiSb 層の(001)配向性の

維持が X 線回折法や電子線透過顕微鏡より確認された。これよりスピンドル発生に寄与する BiSb のトポロジカル表面状態を加熱処理後も保つことを期待できる。また Fig. 1 に示すように MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> を積層した試料では 500°C、10 分の加熱処理を行うことで MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> が(001)、BiSb が(012)面に結晶化した。これは MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> が 500°C の加熱操作により結晶化し、さらに冷却時に MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の結晶状態の影響を受けながら、BiSb が再結晶化したと考えられる。BiSb のスピホール角は(001)面よりも(012)面のほうが大きく、(012)面が支配的になることはスピンドル源層として利用する観点では有利である。

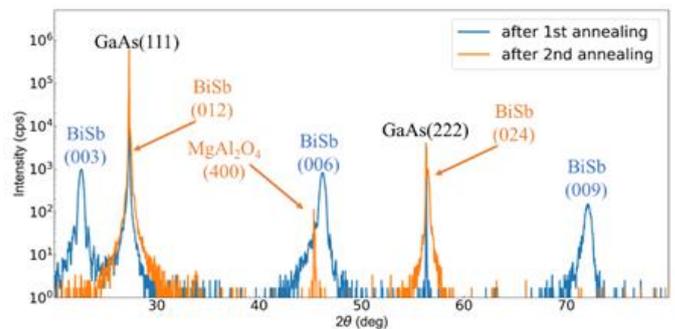


Fig. 1: X-ray diffraction of MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Bi<sub>0.85</sub>Sb<sub>0.15</sub>/GaAs(111) after 400°C annealing (1st) and 500°C annealing (2th) for 10min.

## 4. その他・特記事項(Others)

JST-CREST 領域「トポロジ」(No. JPMJCR18T5)および TDK 株式会社から支援を受けた。

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

• Soichiro Nakano, Kenichiro Yao, Pham Nam Hai, “Improved thermal stability of BiSb topological insulator for embedded MRAM”, 第 24 回 半導体におけるスピンドル工学の基礎と応用(PASPS-24), 2019 年 12 月.

他の国内発表: 1 件

## 6. 関連特許(Patent)

・『磁気抵抗メモリ』ファム ナム ハイ、八尾 健一郎、中野 総一郎「特許出願済み」