

課題番号 : F-15-KT-0082
利用形態 : 技術補助
利用課題名(日本語) : 固体中におけるスピンの輸送現象の解明、その2
Program Title(English) : Investigation of spin transport properties in condensed matters, Part 2
利用者名(日本語) : 熊本 涼平, 松島 真之, 重松 英, 安藤 裕一郎
Username(English) : R. Kumamoto, M. Matsushima, E. Shigematsu and Y. Ando
所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科
Affiliation(English) : Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University

1. 概要(Summary)

近年活況を呈しているスピントロニクス(電子のスピンの情報を情報処理に用いる研究分野)においては、情報輸送手段としてスピンの流れである“スピン流”を用いる。既存のエレクトロニクス技術とスピントロニクス技術の融合を鑑みた場合、電荷情報からスピン情報への高効率変換およびその逆過程の実現が重要となる。近年このような電流-スピン流変換に関する研究が精力的に行われており、高効率な変換効率を実現できる物質の探索が一大潮流となっている。このようなスピン流-電流変換を担う機構は複数報告されているが、概して質量数が大きい元素の方が変換効率が高いという傾向がある。例えば白金では変換効率が 10%程度であると報告されており、単一元素の物性としては極めて大きい値を示している。質量数が更に大きいビスマスではさらに高い変換効率が期待されている。

以上を背景とし、我々の研究グループでは高い変換効率を示す材料の探索を行っている。この変換効率は質量数以外にも多数の因子を含んでおり、これらの支配因子を解明・制御することが本研究の最終目標となる。当該期間では①単層膜ではなく積層膜を用いることによる変換効率の向上、および②単一元素材料ではなく合金を用いることによる変換効率の向上に関する研究を行った。試料の成膜および結晶性の評価には、京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の設備を利用した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

真空蒸着装置, X線回折装置, 分析走査電子顕微鏡, 高速高精度電子ビーム描画装置, 大面積超高速電子線描画装置

【実験方法】

フェリ磁性体(イットリウム鉄ガーネット, YIG)単結晶薄膜の上に変換効率を評価したい材料を蒸着した。一部の

試料の成膜では京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の設備を利用した。結晶性の評価には京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の X 線回折装置(XRD)および分析走査電子顕微鏡を用いた。また微細加工が必要な素子では高速高精度電子ビーム描画装置または大面積超高速電子線描画装置を用いて作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

本年度行った実験において代表的な結果として前述の「②単一元素材料ではなく合金を用いることによる変換効率の向上に関する研究」についての結果を報告する。スピン流-電流の変換効率が極めて高いと期待されるビスマスに 7~15%程度のアンチモンを添加するとバンド構造が大きく変調され、“トポロジカル絶縁体”と呼ばれる特異な物質に変化する。トポロジカル絶縁体の特長は(1)物質本体は絶縁体であるのに対し、表面だけは金属的な

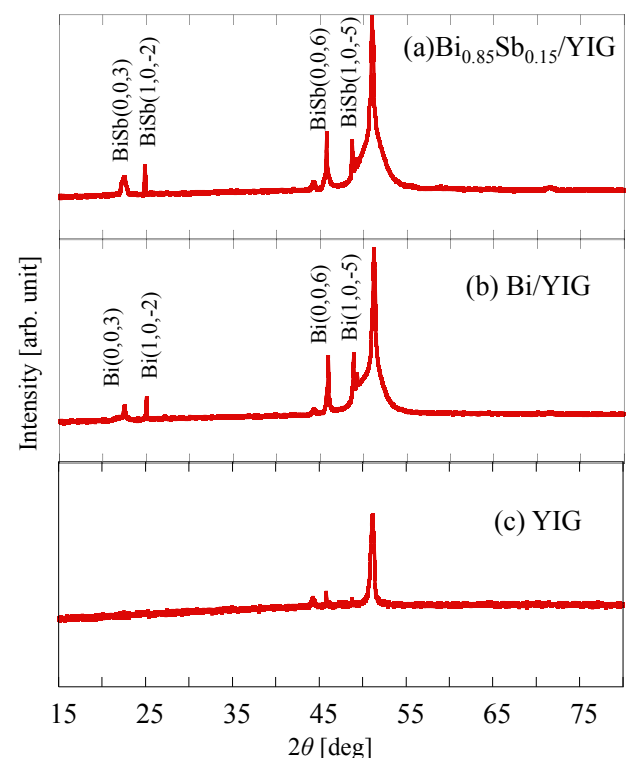


Fig. 1 X-ray diffraction patterns of (a) Bi_{0.85}Sb_{0.15}/YIG, (b) Bi/YIG and (c) YIG samples.

振る舞いを示す, (2) 表面の金属状態はディラック電子系に属し, 移動度が非常に高い, (3) 表面状態では電子の運動方向によりスピンの方向が一意に決定されるなどが挙げられる. このような特異な材料中でどのようなスピン流-電流変換が行われるかを調査した. まず蒸着した BiSb 合金の結晶性を XRD を用いて評価したところ (Fig.1 参照), (001)配向した高配向膜が形成されていることが判明した. エネルギー分散型 X 線分(EDX)より Sb の組成は 15%と見積もられた. また XRD による格子定数の変化から, ビスマス結晶中にアンチモン原子が置換されていることが判明した. このような材料の変換効率を評価したところ, ビスマスと比較して3倍以上も高い変換効率を示すことが明らかとなった. 今後はこのように大きな変換効率を示した起源について解明していく予定である.

4. その他・特記事項 (Others)

該当なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) K. Kumamoto, Y. Ando, M. Shiraishi et al.,
“Conversion of spin current into charge current in $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ ”, 第 63 回応用物理学会学術講演会, 東京, 21p-W241-10, 2016 年 3 月 21 日.
- (2) M. Matsushima, Y. Ando, M. Shiraishi et al.,
“Investigation of the inverse Rashba-Edelstein effect in Bi/Ag and Ag/Bi on ferromagnetic insulator”, 第 63 回応用物理学会学術講演会, 東京, 21p-W241-9, 2016 年 3 月 21 日.

6. 関連特許 (Patent)

なし.