

課題番号 : F-20-IT-0016  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : YPt 合金のスピホール効果に関する研究  
 Program Title (English) : Study of spin Hall effect in YPt alloy  
 利用者名(日本語) : 白倉孝典, ファムナムハイ  
 Username (English) : Takanori Shirokura, Pham Nam Hai  
 所属名(日本語) : 東京工業大学 工学院 電気電子系  
 Affiliation (English) : Department of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology  
 キーワード/Keyword : スピホール効果、リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

近年、低電流で磁化を制御する技術としてスピホール効果(SHE)が注目を集めている。SHEの強さを表すスピホール角 $\theta_{SH}$ は、内因性機構(ベリー位相)がSHEを支配する領域においてその材料の抵抗率に比例する。この特徴を生かし、合金化により抵抗率を増大させ、大きな $\theta_{SH}$ を得る試みが続けられてきた。中でも、Pt合金に関する研究が盛んに行われており、Ptを超える大きな $\theta_{SH}$ が数多く報告されている。これら研究では、希薄ドーブ技術やfcc構造を有する不純物を用いている。これにより、Pt原子の長周期的な構造が保たれるので、観測されるSHEは母材であるPtのバンド構造に起源をもつ。一方、濃ドーブをはじめとした、Ptの長周期的構造を崩すようなPt合金におけるSHEの物理的起源は自明ではない。本研究では、アモルファス合金YPtに注目し、結晶構造の違いがスピホール効果に与える影響を調べた。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

コンタクト光学露光装置、触針式段差計

### 【実験方法】

スパッタリング法により、Si/SiO<sub>2</sub>基板上にYPt膜と強磁性膜のヘテロ接合サンプルを作製した。サンプル構造は、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (2) /YPt (11.0 ~ 14.5) / [Pt(0.4) / Co(0.4)]<sub>2</sub> / Pt(0.4)であり、各層の膜厚単位はnmである。YPtにおけるSHEの物理的起源を調査するため、YPt層成膜時のAr圧力制御によりYPtの抵抗率 $\rho_{YPt}$ を変化させ、実効スピホール角 $\theta_{SH}^{eff}$ の $\rho_{YPt}$ 依存性を評価した。光リソグラフィを使って、ホールバー構造を作成し、二次高調波法により $\theta_{SH}^{eff}$ の評価を行った。印加した交流電流は振幅1~6mA、周波数259.68Hzである。また、磁場は電流と平行に±8.5kOeの範囲で掃引した。Ar圧力を0.3、0.5、0.7、1.0、2.0Paと変化させると、 $\rho_{YPt}$ は331 $\mu\Omega\text{cm}$ から

299 $\mu\Omega\text{cm}$ まで減少した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1に $\theta_{SH}^{eff}$ の $\rho_{YPt}$ 依存性を示す。10%という小さな $\rho_{YPt}$ の変化に対して、 $\theta_{SH}^{eff}$ は0.045から0.081まで2倍近く線形的に変化した。解析の結果、YPtでは外因性サイドジャンプ機構と内因性機構が異なる符号でSHEに寄与するため、 $\theta_{SH}^{eff}$ が強く $\rho_{YPt}$ に依存することが明らかとなった。また、他のPt合金とは異なり、YPtではElliott-Yafet機構とは異なる機構がスピ緩和を支配することが膜厚依存性から明らかとなった。

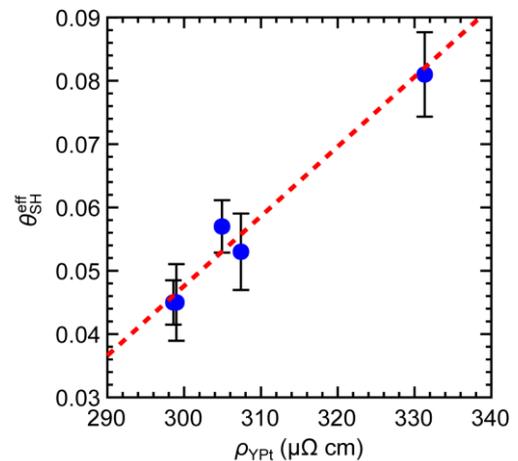


Fig. 1.  $\theta_{SH}^{eff}$  of YPt deposited at different Ar pressure, as a function of their  $\rho_{YPt}$ . Dashed line is an approximation line.

## 4. その他・特記事項(Others)

本研究はキオクシア株式会社から支援を受けている。

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

- (1) K. Fujiwara, T. Shirokura, P. N. Hai, "Evaluation of Spin Hall effect in YPt alloy", The 68th JSAP Spring meeting, Mar. 2021.

## 6. 関連特許(Patent)

なし