

## CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Pt/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 三層膜のスピンホール磁気抵抗効果

山本匠<sup>1</sup> 野土翔登<sup>1</sup> 柳瀬隆<sup>2</sup> 島田敏宏<sup>2</sup> ○長浜太郎<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>北大総化院 <sup>2</sup>北大院工)

Spin Hall Magnetoresistance effect in CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Pt/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> trilayers  
T. Yamamoto, S. Nodo, T. Yanase, T. Shimada, and T. Nagahama  
(Hokkaido Univ.)

### はじめに

近年スピン流研究が盛んに行われており、中でもスピン軌道相互作用を利用したスピン流生成に関する研究が精力的に進められている。とくに2013年に報告されたスピンホール磁気抵抗効果は、YIG/Ptなどの二層膜を用いた簡便な直流抵抗測定により観測されることもあり、発見以後多くの研究が進められた。また、Chenらの理論式と比較することにより、スピン拡散長やミキシングコンダクタンスなどスピン流伝導に関連するパラメーターを決定することができる。本研究ではCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Pt/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>三層膜を作製し、そのSMRについて調べた。三層膜のSMRに関する実験的な報告はなされていないが、理論的にはChenらによって調べられており、スピン拡散長依存性について二層膜と異なる振る舞いをする可能性が示されている。

### 実験

SMR研究はYIG/Pt二層膜で行われることが多いが、YIGは気相成長で作製することが難しく、三層膜作製には適していない。そこで、反応性蒸着法やスパッタでの作製が報告されているCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>を磁性絶縁体層として用いた。金属層としてはPtを用いた。製膜温度はCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:300°C、Pt:100°Cである。CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>は10<sup>-4</sup>Paの酸素ラジカル中で製膜した。また二層膜についてはCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PtとPt/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>の積層順の異なる試料を作製して、結晶構造や界面状態、SMRについて調べた。

### 結果

図にCoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(50nm)/Pt(4nm)/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(50nm)の角度依存磁気抵抗効果(ADMR)を示す。それぞれの角度 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は図中に示す通りである。 $\alpha$ 、 $\beta$ 方向では三角関数的な抵抗変化が観測され、 $\gamma$ 方向では位相の異なる相対的に小さな抵抗変化が観測された。 $\alpha$ 、 $\beta$ 方向は通常のSMR、 $\gamma$ 方向についてはPtの近接効果に起因するAMR効果であると考えられる。三層膜と二層膜を比較すると、三層膜は二層膜の3倍程度のSMRを示しており、大幅な増大が観測された。また、Pt膜厚依存性に関しては、Pt膜厚が薄い領域のSMRの振る舞いに違いがあることがわかった。

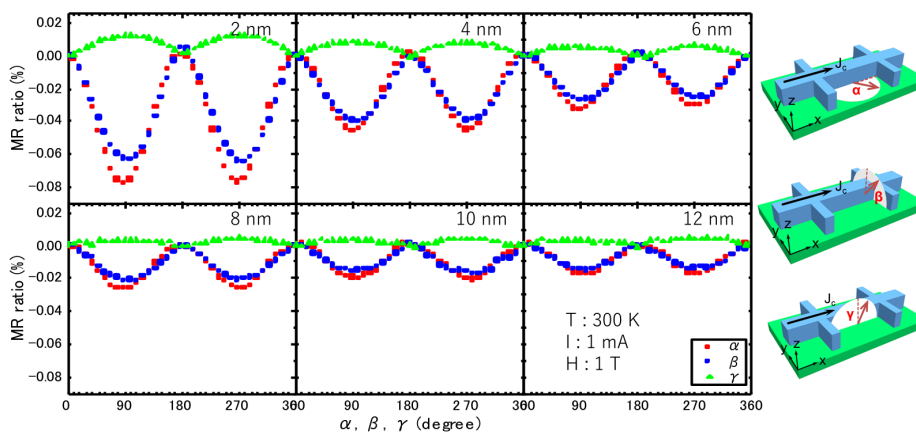


図1 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(50nm)/Pt(4nm)/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(50nm)の角度依存磁気抵抗効果。測定温度室温、測定磁場1 T。