

# 可視光と電界を利用した界面反強磁性スピン制御方法の開発

大阪大学大学院工学研究科

白土 優

## 要旨

反強磁性体／強磁性体界面には、交換磁気異方性と呼ばれる界面磁気異方性が発現する。本研究では、交換磁気異方性を外場によって制御することで、スピントロニクスに新しい機能性を付与することを最終的な目標として、反強磁性体への光吸収と磁気光学遷移に関する研究を行った。結果として、Pt/Co/ $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 系薄膜において、光学干渉効果に由来する磁気光学 Kerr 回転角の明確な振動を観測した。得られた結果を基に、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の光学定数を見積もり、光吸収（励起）による光学定数の変化を示唆する結果を得た。

## 1. 背景と目的・目標

スピナルブ薄膜は、スピントロニクスデバイスの代表であり、ハードディスクドライブの読み出しヘッド、磁気ランダムアクセスメモリ等に利用されている。本素子では、反強磁性体は強磁性体のスピン方向を一方向に固定するために利用されており、従来の素子では、一度その方向が定義されると、その後の方位制御が不可能な「静的効果」として利用されている。すなわち、従来制御不可とされてきた反強磁性スピンを制御することを可能にすることで、スピントロニクスデバイスに新しい機能性を付与することが可能になる。こうした中、申請者は、Pt/Co/ $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 薄膜において等温無拡散状態で交換磁気異方性を可逆的に反転させることが出来ることを報告しており [1]、本研究では、本技術の低エネルギー化、単一素子アクセス可能性を目指して、光による反強磁性 Cr スピンの制御に向けた研究を行った。特に、本課題では、磁気光学 Kerr スペクトルを用いて  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の光学定数を高精度で決定し、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層内での可視光吸収についての検討を中心に行った。

## 2. 結果及び考察

図 1 に、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層厚を 200 nm とした Pt/Co/ $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 薄膜の磁気光学 Kerr 回転角スペクトルおよび、磁気光学 Kerr 楕円率スペクトルを示す。磁気光学 Kerr 回転角および楕円率は共に、光子エネルギー（波長）に対して明確な振動を示す。また、ここには示していないが、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層厚を変化させた薄膜では、振動周期と共に磁気光学 Kerr 回転角がピークを示す光子エネルギーが変化し、異なる  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層厚を有する磁気光学 Kerr 回転角スペクトルは、 $d/\lambda$  ( $d$  は  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層厚、 $\lambda$  は入射波の波長) を横軸に整理することで単一曲線として整理することが出来ることを明らかにした。この結果は、図 1 に示した磁気光学 Kerr スペクトルが、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層内での光学干渉効果によって生じていることを強く示唆する。これらの結果を基に、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の光学定数（屈折率  $n$ 、集光係数  $\kappa$ ）を求めることが可能になる。磁気光学 Kerr スペクトルを解析することで得られた光学定数（屈折率  $n$ 、集光係数  $\kappa$ ）を基に  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の透過率スペクトルを計算した結果を、図 2 に示す。図 2 には、実験により求めた  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の透過率スペクトル（点線）も合わせて示す。計算に

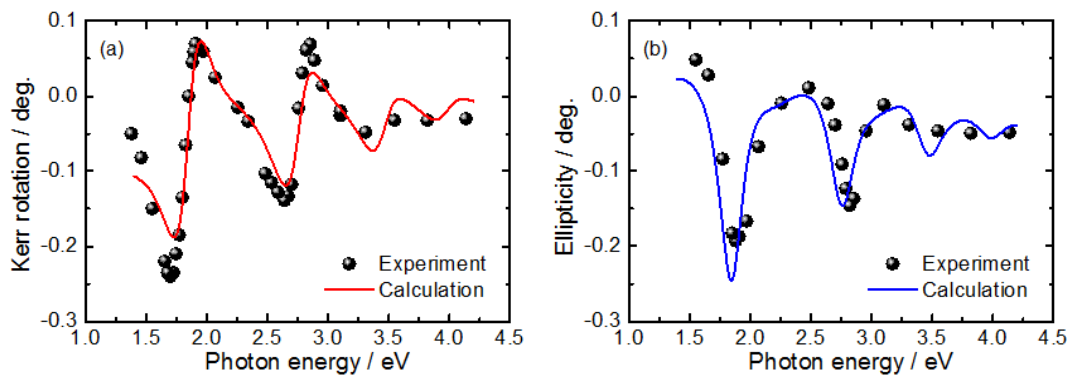


図1 Pt/Co/ $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 薄膜の(a)磁気光学 Kerr 回転角および(b)磁気光学 Kerr 楕円率スペクトル。

よって得られた透過率スペクトルは、実験値を概ね再現しているが、図中に実線矢印で示した位置で、実験値に計算では現れないディップが観測される。計算で得られた透過率スペクトルでは $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層内での光学干渉のみを考慮しているため、上記の結果は、矢印で示した波長(フォトンエネルギー)で $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の光学吸収 ( $^4A_2 \rightarrow ^4T_2$  (2.1 eV),  $^2T_1$  (1.765 eV),  $^2E$  (1.705 eV)) [2]が生じていることを示唆している。また、計算値と実験値の相違は、光の電磁気効果による電気磁気効果の可能性もあるが、図1に示した磁気光学 Kerr スペクトルの温度依存性が小さいことを実験的に確認しており、電気磁気効果を含む光と反強磁性 Cr スピンの電磁気相互作用については、今後の課題である。

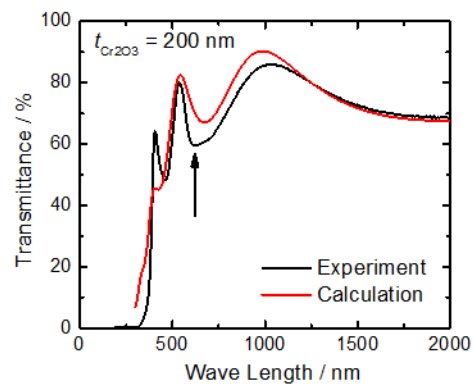


図2  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の透過率スペクトル。測定には、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板の上に直接成長させた $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単層膜を用いた。

### 3. まとめと課題

本研究では、酸化物絶縁性反強磁性体 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いて、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>内での可視光吸収を利用した反強磁性スピン制御に関する基礎検討として、Pt/Co/ $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 系交換磁気異方性薄膜の磁気光学 Kerr スペクトルと $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層の光学干渉効果について検討した。作製した薄膜は、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層内での明確な光学干渉により磁気光学 Kerr 効果の増強効果を示した。また、透過率スペクトルについての検討から、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層内での光学励起を示唆する結果が得られた。今後は、 $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜の光学励起と電気磁気効果と合わせた反強磁性スピン制御に関する検討を進める。

#### 参考文献

- [1] Y. Shiratsuchi et al., Appl. Phys. Lett. 100, 262413 (2012).
- [2] B. B. Krichevtsov et al., Phys. Rev. Lett., **76** (1996) 4628.