

Title	電気磁気効果を発現するCo/ $\alpha$ -Cr203積層膜における交換バイアス反転機構
Author(s)	豊木, 研太郎
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/53994">https://hdl.handle.net/11094/53994</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 豊木 研太郎 )

論文題名

電気磁気効果を発現する  $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜における交換バイアス反転機構

## 論文内容の要旨

本論文は、磁気ランダムアクセスメモリにおける、電圧のみによる情報書き込み手法などへの応用が期待されている、電気磁気効果を発現する  $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜の交換バイアス反転の、その機構を解明することを目的としたものであり、以下の6章により構成される。

第1章では、本研究の背景および本研究の目的について述べた。

第2章では、実験方法として、試料作製方法、結晶構造評価方法、および磁気特性評価方法について述べた。

第3章では、電気磁気効果によって向きを反転させる界面磁化が  $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  界面に存在することを実証した。そのために、以下の3つの事項について取り組んだ。まず、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  の交換バイアスの発現は平衡状態であることを実証した。次に、 $\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  内の非補償な磁気モーメントが、界面に局在していること、および  $\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  界面の磁気モーメントと  $\text{Gb}$  層の磁気モーメントとの交換結合によって誘起されていることを実験的に示した。最後に、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  界面には、界面のラフネスによってほぼ絶対値を変化させない、非補償な磁気モーメントが存在することを実験的に示した。以上により、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  界面に存在する非補償な磁気モーメントが、交換バイアス磁場の符号を決定し、かつ  $\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  の界面磁化に由来することがわかった。

第4章では、異なる交換磁気異方性エネルギーを有する  $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜に対して、Néel温度以上から電気磁気冷却を行い、交換バイアスの反転を行った。特に、電気磁気冷却を行った際の、電場および磁場の高さに対する、磁化曲線の変化を評価した。その結果として、電気磁気冷却の後の交換バイアスの符号は、電気磁気効果によるエネルギーと、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  界面の交換磁気異方性エネルギーとの競合によって決定されることがわかった。

第5章では、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜に対して、 $\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  の Néel温度以下で、電場および磁場の同時印加を行うことで交換バイアスの反転を行った。また、印加する電場をパルス電場とすることで、電場と磁場とを同時に印加している時間を制御した。その結果、本研究で用いた  $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜の交換バイアス反転に要する時間は、 $215 \pm 30$  ns であることがわかった。磁性体の磁化反転機構と磁化反転に要する時間を考察した結果、 $\text{Gb}/\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  積層膜の等温での交換バイアスの反転は、 $\alpha\text{-G}_2\text{O}_3$  内の磁気モーメントが磁壁移動によって反転することによってなされることがわかった。

第6章では、本研究で得られた知見についてまとめた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 豊 木 研 太 郎 )			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教授	中谷 亮一
	副 査	教授	保田 英洋
	副 査	教授	荒木 秀樹
	副 査	准教授	白土 優

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、非常に低い消費電力で書き込み可能な磁性メモリの実現を目的として、バルクにおいて、電気磁気効果の高い反強磁性材料 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$ に着目し、その薄膜化した時の特性評価を行い、表面における磁気モーメント、電場・磁場冷却中の磁気モーメントの反転、温度一定条件での電場・磁場による磁気モーメントの反転現象および反転現象の機構に関する検討を行ったものであり、以下の知見を得ている。

- (1)  $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の表面に非補償な磁気モーメントが発現している可能性について、磁気円二色性の観察による検討を行い、 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の単層膜では非補償な磁気モーメントが発現しておらず、厚さ 0.5 nm 程度の強磁性 Co 層を接合した Co/ $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  積層膜とすることにより、Co 層との界面に $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の非補償な磁気モーメントが発現することを明らかにしている。また、Co 層の磁化の向きを観察することにより、上記の $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の非補償な磁気モーメントの向きを決定できることを明らかにしている。
- (2) Co/ $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  積層膜において、 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の結晶性により、Co 層と $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層との交換磁気異方性エネルギーを制御可能なこと、Co 層と $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層との間に厚さ 0.5 nm 程度の Pt 層を形成することによっても交換磁気異方性エネルギーを制御可能なことを確認し、その際に積層膜に凹凸が生じないことを明らかにしている。
- (3) 交換磁気異方性エネルギーを制御した Co/ $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  積層膜に対し、磁場・電場中での冷却を行い、 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の非補償な磁気モーメントの向きを反転できることを明らかにし、さらに、交換磁気異方性エネルギーの高い積層膜ほど、磁気モーメントの反転には、高い磁場・電場が必要なことを明らかにしている。
- (4) Co/ $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  積層膜に対し、温度変化を伴わなくても、磁場・電場印加を行なうことにより、 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性層の非補償な磁気モーメントの向きを反転できることを明らかにしている。
- (5) 温度変化を伴わない非補償磁気モーメントの反転に関して、印加磁場一定の条件で、パルス電場を印加することにより、非補償磁気モーメントの反転機構の検討を行ったところ、反転に要する時間が  $215 \pm 30$  ns であることを明らかにし、この反転時間により、非補償磁気モーメントが局所的に反転し、その領域が拡大することにより、全ての領域での反転が行われていることを明らかにしている。

以上のように、本論文は非常に低い消費電力で書き込み可能な磁性メモリを実現するための $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  反強磁性薄膜の開発を目的として、非補償な磁気モーメントの観察、電場・磁場印加による非補償な磁気モーメントの反転の計測を行い、さらに、非補償な磁気モーメントの反転機構について明らかにしたものである。従って、本論文は、学術的知見のみならず、磁性メモリの消費電力低減に寄与する材料学的知見を多く含んでおり、材料工学の進展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。