

表面処理条件の異なる YAlO₃(001)基板上に成膜した Cr₂O₃ 薄膜の結晶構造解析および磁気特性



Structure Analyses and Magnetic Properties of Cr₂O₃ Thin films grown on Surface Treated YAlO₃(001) Substrates with Different Conditions

CST, Nihon Univ., Kosuke Hashimoto, Takashi Sumida, Shinjiro Fukui,

Tomoko Nagata, Hiroshi Yamamoto, Nobuyuki Iwata

E-mail: kosule02@gmail.com

1. 背景

強磁性体(Ferromagnetism : FM)/反強磁性体(Antiferromagnetic : AFM)積層膜界面における磁気的交換相互作用によって、FM の磁化曲線がシフトすることが知られている。このシフトする磁場 (交換バイアス磁場: H_{EB})は AFM 最表面のスピンの大きさ S_{AF} に比例するため^[1]、大きな H_{EB} を得るためには S_{AF} を大きくする必要がある。そこで本研究では r 面(1-102)配向 Cr₂O₃ に着目している。Cr₂O₃ は電気磁気効果を示す AFM である。多くの AFM 材料と異なり、Cr₂O₃ の r 面は、その表面がステップ-テラス構造を示したとしてもすべての面でスピンは二次元的に強磁性配列している。このため S_{AF} が大きく、大きな H_{EB} を得る可能性がある。

薄膜全体の S_{AF} を大きくするためには原子レベルで平坦かつ双晶のない単結晶薄膜を作製する必要がある。しかし Cr₂O₃ と格子整合の良い六方晶系の基板は少ないため、本研究では斜方晶系の YAlO₃(YAO)基板を用いた。Cr₂O₃ の r 面に着目して疑似立方晶と仮定し、 a 軸、 b 軸、 c 軸方向を $[110]_h$ 、 $[-111]_h$ 、 $[2-21]_h$ とする(添字の h は六方晶における指数であることを表す)。格子定数は、 a 軸方向を除いて YAO と 1%以内で整合する (表 1)。本研究では、表面処理条件の違い YAO 基板上に Cr₂O₃ 薄膜を成長させ、結晶構造及びその磁気特性を調べた。

表 1 YAO と Cr₂O₃ の格子不整合度

YAlO ₃ (001) _o	Cr ₂ O ₃ (1-102) _h	格子不整合度
5.176 $[100]_o$	4.954 $[110]_h$	-4.29%
5.307 $[010]_o$	5.356 $[-111]_h$	0.92%
7.355 $[001]_o$	7.296 $[2-21]_h$	-0.80%

2. 実験方法

YAO(001)_o 基板を用いた (添字の o は斜方晶における指数であることを表す)。YAO 基板上の AlO₂ 層をエッチングし最表面を YO 層のみにするため、5M-NaOH 水溶液に 15 分浸漬させ超音波を印加した。その後 1000°C で 1 時間アニール処理を行い、DC-RF マグネトロンスパッタ法を用いて Cr₂O₃ 薄膜を成膜した。

3. 結果・考察

図 1 に、5M の NaOH でエッチング処理を行った基板上に成膜した Cr₂O₃ 薄膜における YAO(a)(206)_o、(b)(026)_o の RSM 像を示す。(a)では、Cr₂O₃(4-402)_h、(2-2010)_h の 2 つの薄膜ピークが確認できた。このことから、YAO $[010]_o$ 方向に、Cr₂O₃ が、YAO $[010]_o$ /Cr₂O₃ $[-111]_h$ 、YAO $[010]_o$ /Cr₂O₃ $[1-1-1]_h$ の関係をもって 2 方向に傾斜した 2 つのグレインを形成していることがわかった。

図 2 に、Cr₂O₃ $[110]_h$ 方向(薄膜面内で Cr スピンと垂直方向)での(a)5K および(b)300K における磁化-磁場(M - H)曲線を示す。ともに超常磁性的ふるまいを確認した。本来、Cr₂O₃ は反強磁性を示す物質である。しかし、今回超常磁性的ふるまいをしたことから、試料固定用治具の磁性が重畳していると予想している。

他の条件での結晶構造解析及び、磁気特性の結果は当日報告する。

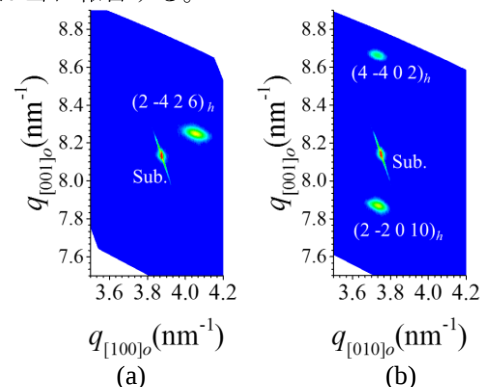


図 1 YAO(5M)上に Cr₂O₃ を成膜したものの、RSM 像。

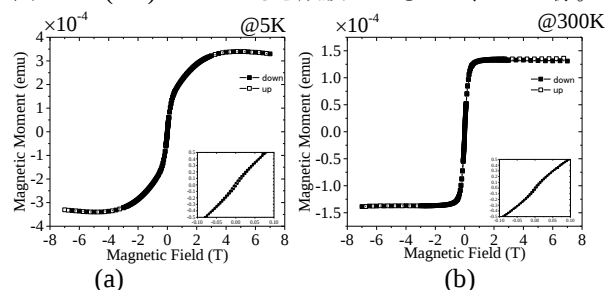


図 2(a)5K (b) 300K の M - H 曲線

4. 参考文献

- [1]N. Iwata, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 11PG12. [2]N. Iwata, et al., Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1454 (2012) 33