

イオンビームアシストスパッタリング法による 高保磁力かつ高飽和磁化・ ϵ - Fe_2O_3 強磁性・強誘電薄膜の作製

吉村 哲

(秋田大, JST さきがけ)

Fabrication of ϵ - Fe_2O_3 multiferroic thin films with high coercivity and saturation magnetization by using an ion-beam assisted sputtering method

S. Yoshimura

(Akita Univ., JST PRESTO)

はじめに 強磁性・強誘電材料は、電場 E による磁化 M の方向制御、磁場 H による電気分極 P の方向制御が可能とされていることから、革新的な次世代電子材料として研究が活発化してきている。電圧駆動型の磁気記録等のデバイスに本材料を使用する場合、記録情報の保持の観点から高い保磁力 (H_c) が、情報再生時の高信号出力化の観点から高い飽和磁化 (M_s) が、それぞれ求められる。しかしながら、これまで検討されてきた強磁性・強誘電材料の多くは、強誘電材料に磁性元素をドーピングすることで強磁性を発現させてきた場合が多く、大きな H_c および M_s を有する材料はほとんど報告されていない。ここで、化学的手法により比較的容易に合成される ϵ 構造の Fe_2O_3 ナノ微粒子¹⁾において、 H_c : 20 kOe および M_s : 100 emu/cm³ が得られている。一方で、本材料は準安定相であり、温度上昇により容易に安定相である反強磁性 α - Fe_2O_3 に変態するため、本材料の薄膜においては、量産性に難があるパルスレーザーデポジション (PLD) 法による作製のみが唯一報告されている²⁾。本研究では、工業応用および量産に適用可能で、低温成膜での結晶化にも効果的である、イオンビームアシストスパッタリング法³⁾を用い、その薄膜の作製を試みた。

方法 Fe_2O_3 薄膜(膜厚 100 nm)は、Fig.1 の模式図に示す、イオンビームアシストガン付きのイオンビームスパッタリング装置を用いて、室温にて、 SrTiO_3 (111)単結晶基板上に成膜した。スパッタリングターゲットの原材料には、 α - Fe_2O_3 (ヘマタイト)を用いた。スパッタガンにおいて、プロセスガスを Xe, RF 電力を 100 W, 加速電圧を 1000 V, とした。ターゲット表面のチャージアップを抑制するため、ニュートライザを用い、その電流および Ar ガス流量を最適化した。アシストガンにおいて、プロセスガスを Ar とし、RF 電力を 40 ~ 60 W, 加速電圧を 60 ~ 200 V と変化させた。作製した薄膜の構造解析は、X線回折装置(XRD)により、磁気測定は振動試料型磁力計(VSM)により、それぞれ行った。

結果 Fig.2 に、イオンビームアシストガンの電力および加速電圧を変化させて作製した Fe_2O_3 薄膜の XRD パターンおよび磁化曲線を示す。イオンビームアシストガンを用いない場合は、図中に示していない角度範囲を含め、明瞭な回折ピークは観測されないが、加速電圧を装置下限値に近い 60 V 一定にして電力を増大させるに従い、 ϵ - Fe_2O_3 (004)からの回折強度が増大した。これに伴い、磁化曲線においても、飽和磁化および保磁力が増大し、60 W の電力において、120 emu/cm³ および 2.5 kOe が得られた。よって、成膜中の薄膜に適切なエネルギーを与えることが可能なイオンビームアシストスパッタリング法は、 ϵ - Fe_2O_3 の形成に有効であると言える。次に、電力を 60 W 一定にして加速電圧を増大させると、 ϵ - Fe_2O_3 (004)からの回折ピークが消滅し、200 V の加速電圧において、 α - Fe_2O_3 (210)からの回折ピークが見られた。これに伴い、磁化曲線において磁化がほとんど消滅した。高電力・高加速電圧のイオンビームの照射により薄膜に過大なエネルギーが付与され、安定相である α - Fe_2O_3 が形成されたと考えられる。

講演では、酸素雰囲気中における反応性 DC マグネトロンスパッタリング法を用いて作製した Fe_2O_3 薄膜との比較についても述べる予定である。

講演では、酸素雰囲気中における反応性 DC マグネトロンスパッタリング法を用いて作製した Fe_2O_3 薄膜との比較についても述べる予定である。

- 参考文献** 1) J. Tucek et al., *Chem. Mater.* **22**, 6483-6505 (2010).
2) M. Gich et al., *Appl. Phys. Lett.* **96**, 112508 (2010).
3) S. Cardoso et al., *J. Appl. Phys.* **103**, 07A905 (2008).

謝辞 イオンビームアシストスパッタリング装置を使用させて頂きました, P.Freitas 先生・S.Freitas 先生に感謝申し上げます。

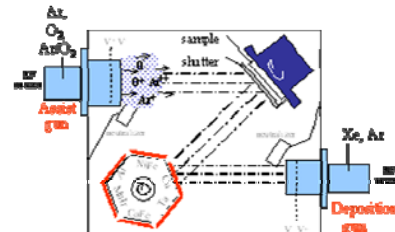


Fig. 1 Schematic diagram of ion-beam assisted sputtering system.

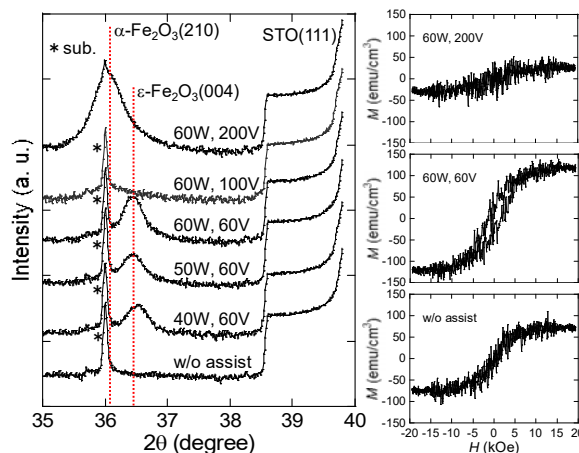


Fig. 2 XRD profiles and magnetization curves of the Fe_2O_3 films deposited by using the ion-beam sputtering method with an assist ion-beam of various conditions.