

スピネル構造材料 CoFe_2O_4 添加 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜における 表面形状及び結晶成長

Surface and Crystal Growth of Spinel Structure Material

CoFe_2O_4 -doped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Films

名大工 ○曾田 昇吾, 一野 祐亮, 吉田 隆

Nagoya Univ., ○Shogo Sota, Yusuke Ichino, Yutaka Yoshida

E-mail: sota-syougo14@ees.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (REBCO, RE=Rare Earth) 超伝導薄膜に人工ピンとして BaMO_3 (BMO, M=Zr, Sn, Hf) を添加すると、BMO がナノロッド状に自己組織化し、磁場中臨界電流密度の向上に効果的であることが知られている^[1]。一方、マルチフェロイック薄膜において、ペロブスカイト構造材料 BaTiO_3 とスピネル構造材料 CoFe_2O_4 (CFO) の混合焼結体をターゲットとして用い、パルスレーザー蒸着 (PLD) 法で SrTiO_3 (STO) (001) 上へ成膜すると、 BaTiO_3 を母相として CFO がナノピラー状に自己組織化することが報告されている^[2]。また、同様にマルチフェロイックである BiFeO_3 と CFO 混合ターゲットを用いて様々な面方位の STO 基板上に成膜すると、(001) 上には BiFeO_3 が母相となり CFO がナノピラー状に導入され、(111) 上に成膜した場合は逆に CFO が母相となり、 BiFeO_3 がナノピラー状になるという報告もされている^[3]。

そこで本研究では、REBCO 中で自己組織化する人工ピンの成長メカニズムの解明及び新規材料の探索を目的として、 BaTiO_3 、 BiFeO_3 と同様にペロブスカイト構造である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (YBCO) 薄膜に CFO を添加し、成長形態を評価した。

2. 実験方法

CFO 添加 YBCO 薄膜は、KrF エキシマレーザー ($\lambda=248$ nm) を用いた PLD 法で STO(100) 基板上に作製し、ターゲット交換法を用いて CFO を添加した。また、成膜時基板温度は $900\sim 750^\circ\text{C}$ とした。さらに、超伝導特性を測定する際は、試料を O_2 気流中 400°C で 2 時間の O_2 アニールを行っている。結晶性評価は X 線回折法、試料表面形状観察は原子間力顕微鏡 (AFM)、CFO 添加量はエネルギー分散型 X 線分光計測器 (EDX)、超伝導特性は直流四端子法で測定した。

3. 結果及び考察

Fig. 1 に成膜基板温度の異なる CFO 単相膜の X 線回折法による 2θ - θ スキャンの結果を示す。基板温度の上昇に伴い、(100) 面配向から (111) 面配向へ変化していることが分かる。これは、スピネル構造において {100} 面に比べ (111) 面の成長する速度が速いためであると考えられる。この結果は BiFeO_3 /CFO 薄膜の結果と一致する^[3]。また、基板温度 900°C で作製した CFO 添加 YBCO 薄膜の 2θ - θ スキャンの結果において、CFO のピークは観測されなかった。Fig. 2 に YBCO の最適基板温度 900°C で作製した CFO 単相膜と YBCO 単相膜の表面 AFM 像を示す。Fig. 2(a) において、CFO は三角錐の形状を示した。一方、Fig. 2(b) より YBCO 表面にはステップが観測された。

CFO 添加 YBCO 薄膜の臨界温度 T_c の CFO 添加量依存性において、CFO 添加量が 0 から 23 vol.% まで増加するに伴い、90 K から 52 K まで低下した。Co や Fe などの 3d 遷移金属は、YBCO の Cu サイトに置換することで T_c を低下させることが報告されている^[4]。Co や Fe が YBCO の Cu サイトに置換した為、CFO は YBCO 内で自己組織化せず、 T_c を低下させたと考えられる。今後は Cu サイトと置換しにくい元素からなるスピネル構造材料の探索も検討する。

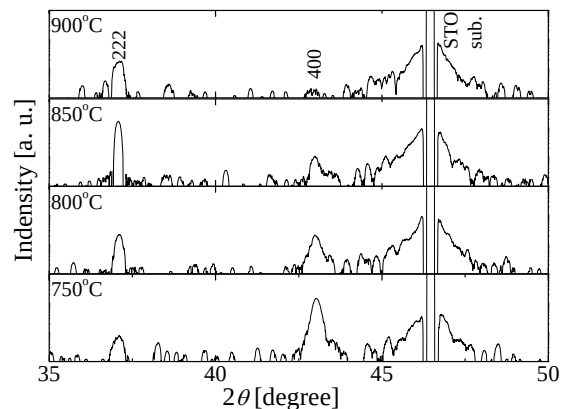


Fig. 1 X-ray 2θ - θ scan result of pure-CFO films with changing substrate temperature

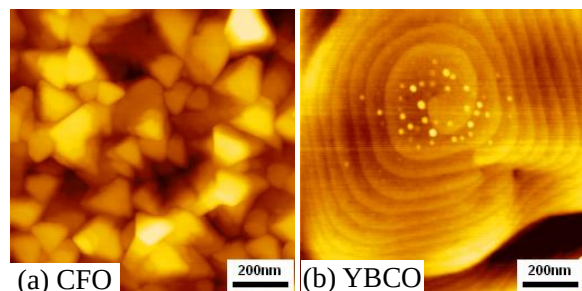


Fig. 2 Surface images of (a)CFO and (b)YBCO films were observed by AFM

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (20686065, 19676005, 25289358) からの助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] J. L. Macmanus-Driscoll et al.: Nature Materials 3 (2004) 439
- [2] H. Zheng et al.: Appl. Phys. Lett. 85 (2004) 2035
- [3] H. Zheng et al.: Adv. Mater. 18 (2006) 2747
- [4] J. M. Tarascon et al.: Phys. Rev. B 37 (1988) 7458