

# Seed 層を用いた BMO 添加 REBCO 膜における BMO ナノロッド成長のシミュレーション

## Crystal growth simulation on BMO nanorods in BMO doped REBCO films with seed layer

○野 祐亮, 土屋雄司, 吉田 隆 (名大院工)

°Y. Ichino, Y. Tsuchiya, Y. Yoshida (Nagoya Univ.)

E-mail: ichino@nuee.nagoya-u.ac.jp

### 1. はじめに

BaMO<sub>3</sub> (BMO, M=Zr, Sn, Hf など)を添加した REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> (REBCO, RE=Y, Sm, Gd など)膜をパルスレーザー蒸着(PLD)法などの気相法で作製すると、BMO が自己組織化し磁束ピン止め点となる。REBCO 膜の磁場中特性は自己組織化 BMO の形状や数密度に大きく影響される。

我々はこれまで、低温成膜(LTG, Low-Temperature Growth)法を開発し低い成膜温度で BMO 添加 SmBCO 薄膜を作製することで、BMO ナノロッドを細く高数密度で自己組織化でき、低温強磁場中の超伝導特性が大幅に向上することを報告してきた[1]。最近では、高品質な REBCO 膜を seed 層にし、その上に高速で REBCO 薄膜を作製する REGREB(REBCO Growth on REBCO Buffer)法を開発した。また、結晶成長シミュレーションを開発し、BMO の自己組織化機構について明らかにしてきた[2, 3]。

本研究では、LTG 法や REGREB 法のような seed 層を作製する成膜法において、seed 層や upper 層の成膜条件が BMO の自己組織化に与える影響について検討した。

### 2. 実験方法

本研究で用いたシミュレーションモデルでは、

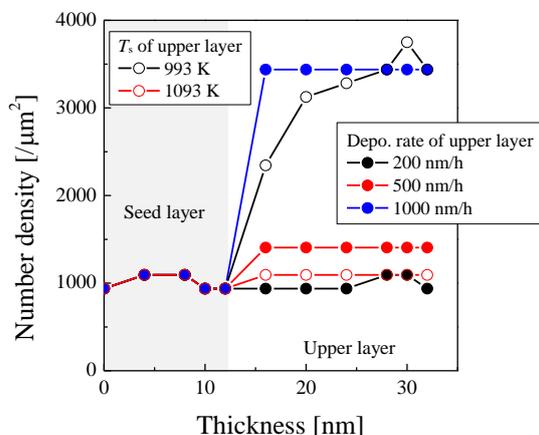


Fig. 1 Thickness dependence of number density of BMO nanorod. The upper layers were deposited by various conditions.

一辺0.4 nmの立方体が三つ重なったA粒子(REBCO相当)と立方体一つから成るB粒子(BMO相当)が基板表面に吸着し、ランダムウォークしている。ここで、基板はA粒子で構成されているとした。系のエネルギーは隣接粒子との間の結合エネルギーの和を用いており、系はこのエネルギーが小さくなる状態に向かう。また、粒子は $\exp(-E_{des}/k_B T_s)$ の確率で蒸発するとした。成長温度(基板温度  $T_s$ )を1193 K、成膜レートを100 nm/h、BMOを3 vol.%添加した層をSeed層とした。Upper層は同じ $T_s$ と添加量で成膜レートを100~1000 nm/hで変化させた。また、Upper層は同じ成膜レートで $T_s=993$ と1093 Kに変化させた場合についても計算を行った。

### 3. 結果及び考察

図1にシミュレーションで得られたBMOナノロッドの数密度における膜厚依存性を示す。なおSeed layerは共通である。成膜レートを変えた計算結果は塗りつぶしの丸で、 $T_s$ を変えた結果は中抜き丸で表している。図より、Upper層の成膜レートが高くなるほどナノロッドの数密度が高くなることがわかった。また、Upper層の $T_s$ が低くても同様に数密度が増加した。Upper層の成膜レートが1000 nm/hの場合と、 $T_s = 993$  Kの場合は数密度が同程度になっている。しかし、Seed層の $T_s = 1193$  Kに対してUpper層の $T_s$ は200 K程低く、実際の成膜でこれを実現するのは難しい。言い換えれば、 $T_s$ の制御だけでは難しい高い数密度も、成膜レートを上げることで実現可能であることを示している。

### 謝辞

本研究はJSPS科研費16H04513及び16K20898の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] S. Miura et al., APL mater. 4 (2016) 016102.
- [2] Y. Ichino et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56 (2017) 015601.
- [2] Y. Ichino et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. 27 (2017) 7500304.