

REBa₂Cu₃O_y 線材における自己組織化ピンニングセンター ~ 薄膜結晶成長シミュレーション ~

Self-Organized Pinning Centers in REBa₂Cu₃O_y Coated Conductors ~ Crystal Growth Simulation~

○一野 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

BaMO₃ (BMO, M=Zr, Sn, Hf など)を添加した REBa₂Cu₃O_y (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 が様々なナノ構造に自己組織化し、REBCO 膜の磁場中超伝導特性に多大な影響を与える。これらのナノ構造は、基板温度(T_s)や成膜レートなどの成膜条件によって大きく変化する。我々はこれまで、REBCO 薄膜の結晶シミュレーションコードを開発し、REBCO 中における BMO の自己組織化について検討を行ってきた。その結果、特に BMO のナノ構造は、REBCO と BMO の結晶成長モードの違いによって形成され、また成膜条件に依存したそれぞれの成長速度の違いが多様なナノ構造を実現していることを明らかにした [1, 2]。

本講演では、上記のシミュレーション結果を初めとして、BMO 添加 REBCO 薄膜の実験結果も含めた BMO の自己組織化について議論する。

2. シミュレーション方法及び実験方法

薄膜結晶成長シミュレーションは、BMO と REBCO を立方体から成る粒子に単純化した Monte Carlo 法を用いて行った[1, 2]。実験的には、BMO 添加 REBCO 薄膜は PLD 法を用いて LaAlO₃(100)ある

いは IBAD-MgO 基板上に作製した。

3. 結果及び考察

図 1 に、 $T_s = 1,113$ K (840°C)、成膜レート $v_{\text{dep}} = 70$ nm/h の条件でシミュレーションした BMO ナノ構造を示す。見易さのため、REBCO は透明にしている。図から、BMO がナノロッド状に凝集しており、数値計算で BMO の自己組織化を再現できることがわかった。 T_s を変化させたところ、実験的に作製した BaHfO₃ 添加 SmBCO 薄膜中のナノロッドと数密度・形状共に同様の傾向であることを確認した。

REBCO 線材製造を意識して、 $v_{\text{dep}} = 3,000$ nm/h の条件下において様々な T_s と BMO 添加量に対する BMO ナノ構造の状態図を作成した。図 2 より、成膜条件に応じて多様なナノ構造が出現することが示唆された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H04252、15K14301、15K14302、16H04513 及び 16K20898 の助成、JST-ALCA 及び名大-産総研アライアンス事業の助成を受けた。

参考文献

- [1] Y. Ichino et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56 (2017) 015601.
[2] Y. Ichino et al., IEEE Trans. Appl. Supercond. 27 (2017) 7500304.

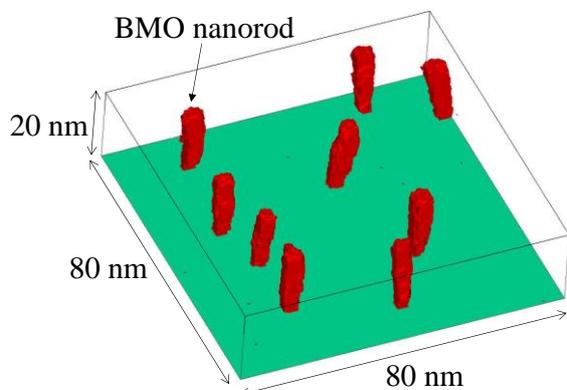


Fig. 1 Bird's-eye views of the BMO self-organization in the REBCO. Substrate temperatures and deposition rate are 1,113 K and 70 nm/h. Here, the REBCO is shown transparent for ease of viewing. The volume fraction of BMO is 3.0 vol%.

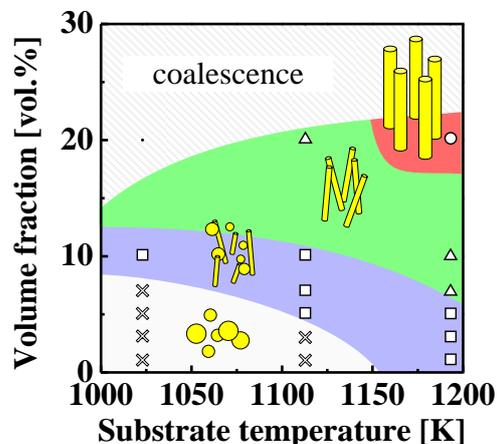


Fig. 2 Phase diagram of the BMO nanostructure morphologies as a function of substrate temperature for various volume fractions of BMO at deposition rates of 3,000 nm/h.