# $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ナノコンポジット薄膜の界面およびひずみ解析

## Strain and interface analysis of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ nanocomposite films

○堀出　朋哉 [1]，亀谷　文健 [2]，吉岡　聰 [3]，北村　貴典 [1]，松本　要 [1]
九工大工 [1]，フロリダ州立大 ASC[2]，九大工 [3]
○Tomoya Horide[1], Fumitake Kametani[2], Satoru Yoshioka[3],
Takanori Kitamura[1], Kaname Matsumoto[1]
Kyushu Inst. Technol.[1], Florida State Univ. [2], Kyushu Univ. [3]
E-mail: horide@post.matsc.kyutech.ac.jp

$YBa_2Cu_3O_7$(YBCO)薄膜に $BaMO_3$(BMO; M= Zr, Sn, Hf etc.)ナノロッドを導入することにより、ナノロッドが磁束ピンニングセンターとして機能し、磁場中臨界電流密度($J_c$)が大きく向上する。ナノロッドの材料選択や作製条件最適化によりナノロッドの形状や分布については制御が進められ $J_c$ の向上が報告されてきた。ナノロッドの直線性、ナノロッド密度、ナノロッドを基本としたハイブリッドピンニング等が $J_c$ 特性制御のキーワードとなっている。一方ナノロッドの界面やマトリックスへの影響も $J_c$ 特性に重要な因子である。ナノロッドの界面は要素ピン力を決定し、マトリックスの状態は臨界温度($T_c$)、つまり超伝導性そのものを決定する。ナノロッドの形状や分布が特性に及ぼす影響とは異なりいまだ十分に理解が進められていないが、界面やマトリックスの構造を明らかにすることは $J_c$ 特性の理解や今後の $J_c$ 制御に極めて重要である。そこで本研究では YBCO+BMO 薄膜のナノロッド界面およびナノロッドがマトリックス構造に及ぼす影響を明らかにすることを目的に研究を行った。

薄膜作製はパルスレーザー蒸着(PLD)を用いて行った。YBCO+BMO(M=Zr, Sn, Hf)混合ターゲットをレーザーアブレーションし、膜厚 150-250 nm の薄膜を作製した。作製した薄膜の構造を X 線回折(XRD)、走査透過電子顕微鏡(STEM)、X 線吸収端近傍構造(XANES)を用いて評価した。有限要素法弾性ひずみ計算(FEM)および第一原理計算(VASP code)を用いてシミュレーションによる構造解析を行った。

XRD 結果より $c$ 軸配向した YBCO 薄膜中に(100)配向した BMO が存在していることが分かった。$2\theta$-$\omega$スキャンおよび逆格子マッピングのピークから BMO および YBCO の面内および面直方向の格子定数を求めた。BMO 添加量の増加とともに、YBCO の格子定数 $c$ および BMO の面直格子定数はともに増加した。これらの挙動は FEM の計算結果とよく一致し、XRD で観察された格子定数はナノコンポジット化による弾性ひずみで説明できることがわかった。これらの結果は BMO の M サイトの原子(Zr, Sn, Hf)によらず得られた。界面のミスフィット緩和の程度により弾性ひずみの大きさが決まる。また弾性ひずみはマトリックスの酸素空孔に影響を及ぼすことを第一原理計算から予測している。当日は XRD と FEM の結果に加え、STEM による YBCO/BZO による高分解能界面観察結果、XANES スペクトルおよび酸素空孔形成エネルギーの計算結果をもとに、YBCO+BMO 薄膜の界面構造とマトリックスの構造を議論する。

© 2016年 応用物理学会