

## 人工ピンを導入した $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ 薄膜の透過電子顕微鏡観察に及ぼす 試料膜厚および温度の影響

### Effects of sample thickness and temperature on transmission electron microscopy observations of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ thin film containing artificial pinning center

九工大 ○吉田 将司, 石丸 学, 堀出 朋哉, 松本 要

Kyushu Institute of Technology ○Masashi Yoshida, Manabu Ishimaru,  
Tomoya Horide, Kaname Matsumoto

E-mail: yoshida.masashi681@mail.kyutech.jp

【緒言】銅酸化物超伝導体  $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (REBCO) に  $\text{BaMO}_3$  ( $M = \text{Zr}, \text{Sn}, \text{Hf}$ ) (BMO) 人工ピンを導入することによって超伝導特性を改善できることが知られている。BMO 人工ピンを REBCO 薄膜に導入すると歪みが発生し、それが超伝導特性に影響を与える可能性が指摘されている。歪み解析は電子顕微鏡法により行われているが、その多くは極めて薄い試料を用いて室温で行われている。本研究では、BMO ナノロッドを導入した  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$  (YBCO) 薄膜を透過電子顕微鏡 (TEM) により観察し、電子線入射方向に対する試料厚さおよび測定温度の歪み解析に及ぼす影響を検討した。

【方法】パルスレーザー蒸着法により  $\text{SrTiO}_3$  (STO) 基板上に YBCO+BMO 薄膜を堆積させた。機械研磨およびイオンミリングにより断面 TEM 試料を作製し、JEM-3000F TEM にて観察を行った。

【結果】図 1 は、室温で撮影した YBCO+ $\text{BaSnO}_3$  (BSO) の断面明視野像である。電子線は YBCO に対して [010] 方向から入射している。薄膜には基板に対して垂直な方向に線状のコントラストが確認できる。これは異なる格子定数を有する物質が重なり合ったときにできるモアレ縞で、薄膜に BSO ナノロッドが導入されていることを示している。また、電子回折図形には YBCO のブラッグ反射に加えて、矢印の位置に BSO による反射が存在している。電子線の入射方向に対して試料が薄い領域と厚い領域から得られた電子回折図形は一致しており、室温における解析において試料厚さの影響はないことが示唆された。試料を 120K に冷却したところ YBCO+BSO 薄膜の膜厚は収縮するが、電子線入射方向の厚さが大きいほど収縮が顕著であることが明視野像および回折図形により確認された。冷却による膜厚の収縮は、YBCO の c 軸方向の熱膨張係数 ( $19.2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ) から算出される収縮量よりも 2 倍以上大きかった。一方、面内方向の冷却による変化に注目すると、回折図形中の  $200_{\text{YBCO}}$  と  $200_{\text{BSO}}$  反射の位置は同じで、明視野像中のモアレ縞の間隔に変化は見られなかった。このことから、YBCO と BZO の a 軸長はほとんど収縮していないことが考えられ、YBCO の a 軸方向の熱膨張係数 ( $11.3 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ ) から算出される収縮量を下回る結果が得られた。

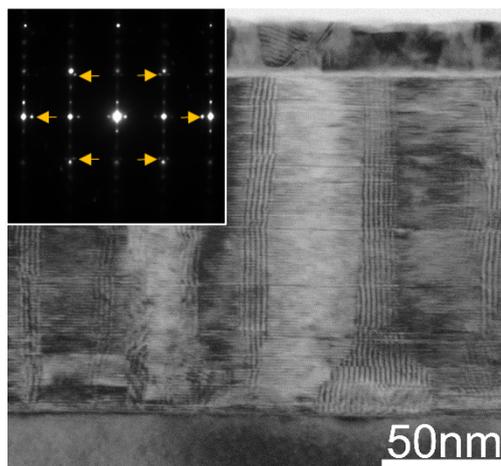


Fig.1 Cross-sectional bright-field TEM image and selected-area electron diffraction pattern of the YBCO+BSO thin film deposited on a STO substrate.