

後熱処理により積層欠陥を導入した Y123 薄膜の超伝導特性

Superconducting properties of Y123 thin films with stacking faults introduced by post-annealing

青学大理工¹, TEP², 住友電工³ ○権藤 紳吉¹, 元木 貴則¹, 中村 新一²,

本田 元氣³, 永石 竜起³, 下山 淳一¹

Aoyama-Gakuin Univ.¹, TEP², Sumitomo Electric Industries, Ltd.³, ○Shinkichi Gondo¹, Takanori Motoki¹, Shin-ichi Nakamura², Genki Honda³, Tatsuoki Nagaishi³, Jun-ichi Shimoyama¹

E-mail: c5618046@aoyama.jp

1. はじめに

我々は水蒸気を含んだ酸素気流中での熱処理によりフッ素フリー(F)-MOD法で作製した $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (Y123) 超伝導薄膜に Y247 型の積層欠陥が生成し、その後に還元熱処理すると生成した積層欠陥が消滅することを報告してきました。この積層欠陥の導入により Y123 薄膜の J_c はゼロ磁場近傍においては大きく向上するが、磁場中で急激に低下する。しかし、積層欠陥の生成・消滅機構、局所化学組成、キャリアドープ状態に与える影響などはほとんどわかっていない。そこで本研究では、Y123 薄膜に対して様々な雰囲気、温度で後熱処理することにより積層欠陥の生成・消滅機構と超伝導特性に与える効果の本質的な理解を目指した。

2. 実験方法

Y123 薄膜は F-MOD 法により作製した。Y:Ba:Cu = 1:2:3 のモル比になるように調製した有機金属塩溶液を $\text{SrTiO}_3(100)$ 単結晶基板に塗布、仮焼、本焼成、酸素アニールを行うことで、強く 2 軸配向した $T_c \sim 90 \text{ K}$ の Y123 薄膜を得た。Y123 薄膜に対して積層欠陥の生成・消滅を狙い様々な条件で含水蒸気雰囲気中熱処理と還元熱処理を行った。得られた試料について XRD による相同定、SEM, TEM による微細組織観察、SQUID 磁束計による超伝導特性の評価を行った。なお、還元熱処理後の試料については最後に酸素アニールを施した後に物性を評価した。

3. 結果と考察

TEM 観察や XRD 測定により、 300°C での含水蒸気雰囲気中熱処理によって積層欠陥が生成し、還元熱処理(700°C , $P_{\text{O}_2} = 10 \text{ Pa}$)の追加によって積層欠陥はほぼ消失することがわかった。Fig. 1 に成膜後、含水蒸気雰囲気中後熱処理後、さらに還元熱処理を加えた後の Y123 薄膜の ZFC 磁化率の温度依存性を示す。超伝導転移は水蒸気熱処理後の薄膜においてブロードになり、還元熱処理を追加することでシャープな転移に回復した。Fig. 2 に水蒸気分圧を $\sim 20 \text{ kPa}$ とした wet O_2 気流中、 300°C で 1–71 h の後熱処理をした薄膜の表面 XRD パターンを示す。熱処理時間の延長に伴い Y247 から Y124 の c 軸長に対応する角度まで 00l ピークがシフトすることがわかった。また、71 h の熱処理を行い回折ピークが Y124 位置までシフトした薄膜は 5 K まで反磁性を示さなかった。通常 Y124 は酸素不定比性がなく、 T_c は必ず約 80 K であることから、後熱処理によって生成した相は従来報告されている Y247 や Y124 とは低温物性が大きく異なることが示唆された。

1) 権藤ほか、第 98 回低温工学・超電導学会講演概要集(2019) p74.

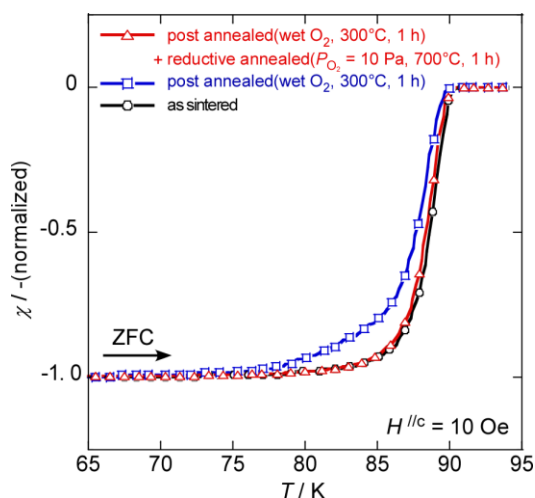


Fig.1. Temperature dependences of ZFC magnetization curves of as sintered, after post-annealing under wet O_2 and after addition of post-annealing under reductive atmosphere.

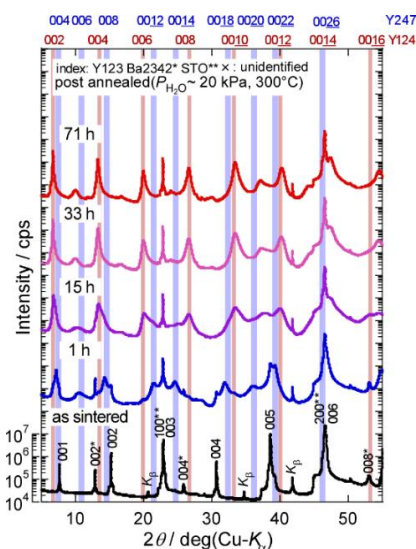


Fig.2. Surface XRD patterns of the Y123 thin films post-annealed at 300°C under $P_{\text{O}_2} = 20 \text{ kPa}$ for various time up to 71 h.