

エアロゾルデポジションによる酸化物高温超伝導体 YBCO 薄膜の作製と評価

Fabrication and Evaluation of Oxide High Temperature Superconductor

YBCO Thin Films by Aerosol Deposition

○西岡 大輝, 金谷 康平, 佐藤 祐喜, 吉門 進三 (同志社大院理工)

○Hiroki Nishioka, Kohei Kanetani, Yuuki Sato, Shinzo Yoshikado (Doshisha Univ.)

E-mail: syoshika@mail.doshisha.ac.jp

【はじめに】 超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) は超伝導転移温度 (T_c) が約 90K であり液体窒素の沸点温度 (77 K) を上回る酸化物高温超伝導体である。冷却に液体ヘリウムを使用しないため低コストで、装置の小型化が見込まれている。さらに、酸化物超伝導としては比較的簡単な結晶構造で安定しており、臨界磁場が高く大電流が流せるため線材や素子分野で応用が期待されている。本研究では常温で高密度な膜の堆積可能、かつ原料の特徴を維持した膜を作製することが可能なエアロゾルデポジション (AD) [1] に着目し、YBCO 膜の作製を行った。また、前回の報告により抵抗率の温度依存性に 2 つのキック特性が見られたことから、Y : Ba : Cu = 1:2:3 の試料では電気抵抗率特性において $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$ 相と酸素欠損が生じた $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_5$ 相等が粒界に存在し、電気抵抗はそれらが直列に接続して構成されていることが示唆された、そこで今回の研究では Cu の比率を変化させて超伝導特性の改善を図ることを目的とした。

【実験方法】 酸化イットリウム (Y_2O_3)、炭酸バリウム (Ba_2CO_3)、酸化銅 (CuO) をモル比 Y : Ba : Cu = 1:2:3-4 となるように計量し、ペレット状に成型後、空气中で 925 °C、10 時間焼成を行った。ペレットを粗粉砕後、粒度分布が同じになるように遊星型ボールミルを用いて 600rpm でミリングし、数 μm の粒径まで微粒化させた。キャリアガスとして窒素 (N_2) ガスあるいは酸素 (O_2) ガスを用い 10L/min 流量でエアロゾル化および成膜室まで粒子を搬送し、ノズルより微粒子を基板に向けて噴出させ成膜を行った。このとき基板を空气中で 500~925°C、2 時間の熱処理を施した。段差計による膜厚測定、走査型電子顕微鏡 (SEM) による膜表面形状観察、X 線回折 (XRD) による結晶構造解析、4 探針法による抵抗の温度特性測定の評価を行った。

【実験結果・考察】 銅の比率が増加すると試料の硬度が増加し、粉碎されにくくなったのでミリング時間を調整して粒度をそろえた。これにより、いずれの組成に対しても付着力の高い膜が得られた。得られた薄膜の結晶構造は $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$ のものであった。1:2:3.75 成膜速度は他の組成と比較して 3-10 倍大きくなった。

Fig.1 に比率 Y:Ba:Cu=1:2:3 および 1:2:3.5 の N_2 ガスを用いて成膜し 875°C で熱処理された薄膜の抵抗率の温度依存性を示す。1:2:3 の抵抗率は 1:2:3.5 より大きくなったが、ほぼ同じ温度で 2 つのキックが見られた。しかし 925°C で熱処理された薄膜では 1:2:3 では 2 つのキックが見られたが 1:2:3.5 ではキックは 1 つだけとなり、さらに T_c 以上では、抵抗率は温度が低くなる意に従い減少し、バルク試料と同様な温度依存性が得られた。1:2:3.5 を O_2 ガスを用いて成膜した場合もほぼ同様の抵抗率の温度依存性が得られた。1:2:3.75 も 1:2:3.5 ほぼ同様の抵抗率の温度依存性が得られたが 1:2:4.0 では超伝導特性は得られなかった。詳細は当日発表する予定である。

[1] 明渡純:「エアロゾルデポジション法の基礎から応用まで」シーエムシー出版 (2008)

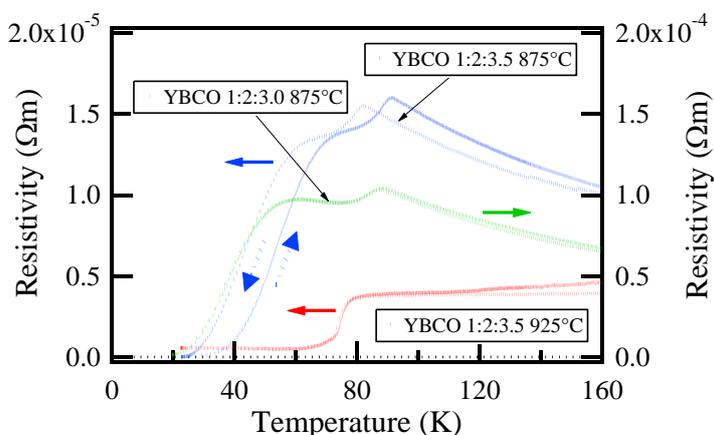


Fig.1. Temperature dependence of the resistivity of YBCO (Y:Ba:Cu=1:2:3, 1:2:3.5) thin films deposited with a N_2 gas flow rate of 10 L and annealed at 875 or 925°C.