

エアロゾルデポジションによる酸化物高温超電導体

YBa₂Cu₃O_{7-δ} 膜の作製と評価

Fabrication and Evaluation of Oxide High Temperature Superconductor

YBa₂Cu₃O_{7-δ} Thin Films by Aerosol Deposition

○金谷 康平, 佐藤 祐喜, 吉門 進三 (同志社大学)

○Kohei Kanetani, Yuuki Sato, Shinzo Yoshikado (Doshisha University)

E-mail: duo0327@mail4.doshisha.ac.jp

【諸言】酸化物高温超電導体は超電導転移温度が比較的高く、送電用や超電導電気機器用線材などへの応用研究が進められている。中でもイットリウム系高温超電導体 YBa₂Cu₃O_{7-δ} (YBCO, 0<δ<1) は臨界磁場が高く大電流が流せるために線材材料に適している。本研究では常温で高密度な膜の堆積ができ、かつ、原料の特徴を維持した膜を作製することが可能であるエアロゾルデポジション法 (AD 法) に着目し、YBCO 膜の作製を行った。

【実験方法】酸化イットリウム (Y₂O₃)、炭酸バリウム (BaCO₃)、酸化銅 (CuO) を各原子モル比が Y : Ba : Cu = 1 : 2 : 3 となるように計量し、高純度アルミナ乳鉢・乳棒を用いて乾式粉碎・混合を行い、混合粉末を直径 20 mm のペレット状に成型し、仮焼成・本焼成を空气中で 925°C で 10 時間、500°C で 2 時間熱処理を行った。X 線回折による構造解析により YBCO であることを確認し、浮き磁石および抵抗の温度特性により約 94K 以下で超電導状態になることを確認した上でペレットを同様のアルミナ乳鉢で粗粉碎後遊星型ボールミル等によって数マイクロメートルの平均粒径まで微粒化し AD の出発材料とした。YBCO 微粒子とガラスビーズ (平均粒径 1 mm) の混合物を窒素または酸素搬送ガスを流入することでエアロゾル化し、(100)面を光学研磨したサファイア、MgO、YSZ (8mol%Y) の各単結晶基板上に基板温度を室温から 300°C まで変化させて成膜した。成膜後、空气中で 500~925°C 2 時間熱処理を行った。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により評価を行った。

【実験結果・考察】成膜直後の YBCO 膜の常温での抵抗値は数 MΩ 以上であったが、500°C における熱処理により急激に減少した。同一の成膜条件および 875°C で熱処理条件では抵抗値はさらに減少した。室温における抵抗値はサファイア基板が最も高く約 20~30 Ω となり、次に YSZ で約 10 Ω、MgO では約 1.2~2 Ω となり、顕著な基板依存性を示した。また YSZ 基板上に作製した YBCO 膜は MgO よりも低い熱処理温度で同程度の超電導特性が得られた。この原因として、基板の格子定数、熱膨張率および AD と関連して硬度の違いが考えられる。

Fig.1 に搬送ガス、成膜時の基板温度、熱処理温度を変化させて MgO 基板上に作製した YBCO 膜の抵抗値の温度依存性を示す。基板温度 200°C で作製した膜は熱処理により 78 K、58 K での 2 つのキンク特性が見られた。基板温度、熱処理温度を高くすると 58 K で見られるキンク特性が高温側にシフトし、さらに抵抗値も減少したが 78 K でのキンク特性には大きな変化は見られなかった。これらの温度特性は抵抗値が少なくとも 2 つの抵抗成分の直列接続的な寄与があることを示唆している。AD では原料微粒子が 100 nm 以下に粉碎されて堆積すること、熱処理により抵抗値が急減することより、一つの抵抗成分は粒子間の粒界抵抗であることが推察される。しかし、925°C の熱処理においても 58 K で見られるキンク特性は消滅しなかった。これより YBCO 膜が堆積する際、微粒子が粉碎されるとき破断面から酸素が抜け出し、酸素欠損ができた状態で粒子が密着し、粒界において YBCO の異相である YBa₂Cu₃O₅ 等が形成されていると考えられる。今後粒界抵抗を減ずるために成膜時での酸素欠損を補うために酸素ラジカルを用いた成膜を行い、結果については当日報告する予定である。

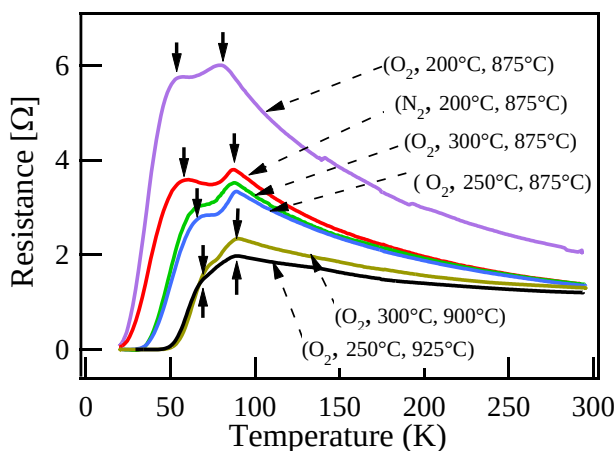


Fig.1. Temperature dependence of resistance of YBCO thin films on MgO substrate at a gas flow rate of 10 L/min.