

報告年月日	2005 年 2 月 22 日
報告者氏名	太田 靖之
職種 (○で囲む)	研究員           ORA
所属 (RAのみ)	工学研究科 電子情報工学専攻 (岩手大学配属 H16 年度入学)
担当 (指導) 教員氏名	道上 修 教授
申請研究テーマ (50 字以内)	高温超伝導素子(SQUID)のバイオテクノロジーへの応用
採用によって得られた 成果  具体的に記すこと。 (今年度の申請をふまえて、何が解決され、何が問題として残ったか、予想していなかった結果など)  各項目の長さを適宜調整し、全体で 2 ページに収まるように記すこと。  図表を入れても構わない。	<p><b>研究背景</b> 高温超伝導体を用いた超伝導エレクトロニクスの研究・開発が盛んに行なわれている。その中でも、超伝導量子干渉素子 (SQUID) は、高感度磁気センサーであり <math>10^{-16}</math>T までの測定が可能である。医学分野では、SQUIDによる脳磁場計測を用いて、脳活動により発生する磁場を測定し、種々の刺激による脳の活動部位の研究が行なわれている。また、高温超伝導体は現在用いられている金属系超伝導体より臨界温度が高く扱いが容易である。しかし、動作温度を高く出来る利点があるが、熱雑音が発生する。また、高温超伝導薄膜を用いたデバイスでは、薄膜の欠陥及びデバイス作製時の欠陥によりデバイス自体の雑音が発生し性能の低下を招いている。より高感度の高温超伝導SQUIDセンサーの作製が望まれる。</p> <p><b>目的</b> 本プロジェクトでは、磁気測定システムのバイオテクノロジー分野への応用を目指した、高感度 SQUID センサー作製のため高品質高温超伝導薄膜の作製プロセス及びデバイスの作製プロセスについて研究を行なう。</p> <p><b>研究方法</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高品質高温超伝導薄膜の作製プロセスの検討 薄膜作製用基板に高温超伝導体との格子整合性が非常によいSrTiO<sub>3</sub>基板を用いた。EuBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7.5</sub> (EBCO) 薄膜は、off-axis DCマグネトロンスパッタリングにより行なった。EBCO薄膜の成長方位は、スパッタ条件 (成長温度、スパッタ雰囲気) によって変化する。EBCO薄膜の超伝導特性に対する成長温度 (<math>T_s</math>) の影響について調べるため、<math>T_s = 500-700^\circ\text{C}</math> 変化させ成膜を行なった。スパッタ雰囲気は 7 Pa (7.5%O<sub>2</sub> + Ar) 一定とした。 作製したEBCO薄膜は、原子間力顕微鏡(AFM)を用いて表面性状の観察、及び、十点平均面粗さ (<math>R_z</math>) の測定を行なった。X線回折 (XRD) により、成長方位及び結晶性の測定を行なった。臨界温度 (<math>T_{ce}</math>) は、四端子法を用いて測定した。</li> <li>2. 高感度 SQUID センサーの作製プロセスの検討 SQUID の構成要素であるジョセフソン接合の特性を評価するために、新たに測定装置の構築をした。</li> </ol>

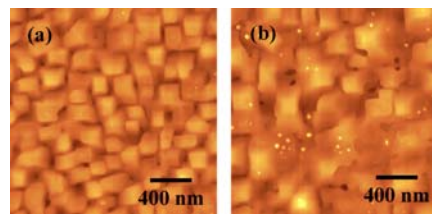


図1  $T_s$ が(a) 630°C、(b) 650°Cで作製したEBCO薄膜表面のAFM像

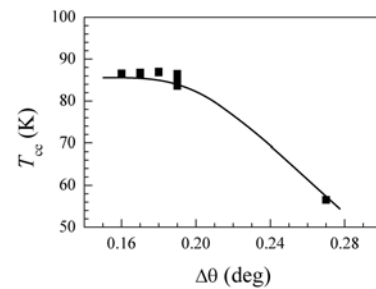


図2  $T_{ce}$ の $\Delta\theta$ 依存性

## 成果と考察

### 1. 高品質高温超伝導薄膜の作製プロセスの検討

図1に $T_s$ が(a) 630°C、(b) 650°Cで作製したEBCO薄膜表面のAFM像を示す。(a)ではc軸配向EBCO薄膜においてよく見られる螺旋状の結晶成長が観察された。(b)では、(a)と同様に螺旋状の結晶成長が観察されたが、結晶粒が大きく、崩れて成長した。また、多数の析出物が観察された。 $T_{ce}$ は、どちらの薄膜においても、約86 Kであった。さらに低い $T_s$ で作製した薄膜では、 $T_{ce}$ が低下した。c軸格子定数は、どちらの薄膜においても約11.71 Åとバルクのc軸格子定数(11.70 Å)とほぼ等しい値を示した。ほぼ等しい特性を示すが表面性状の違う2つの薄膜において、結晶粒界型ジョセフソン接合にどちらが適しているか、今後検討を行いたい。

図2に、 $\theta$ - $2\theta$  XRDパターンにおいて観察されたEBCO (005) ピークの半値幅( $\Delta\theta$ )に対する $T_{ce}$ の依存性を示す。 $T_{ce}$ は、 $\Delta\theta$ が0.18°まで約86 Kを示した。 $\Delta\theta$ がそれ以上増加すると $T_{ce}$ が減少し、 $\Delta\theta = 0.27^\circ$ では、 $T_{ce} =$  約56 Kを示した。 $\Delta\theta$ は結晶性を示すパラメータであり、その値が小さいほど高い結晶性を示す。したがって、高い $T_{ce}$ を有する薄膜の作製には、よい結晶性を持つことが必要である。 $\Delta\theta$ が0.18°以下を示す薄膜は、 $T_s = 630^\circ\text{C}$ 以上で作製した場合において再現性よく得られた。

成長温度が低い場合には、EBCO薄膜はa軸配向することが知られている。しかし、今回は、明確なa軸配向が観察されなかった。a軸配向EBCO薄膜作製には、成長温度のほかスパッタ雰囲気も重要である。今回用いた酸素分圧では、a軸配向(非c軸配向)が、形成しにくいことが考えられる。しかし、低い成長温度では、結晶性が低下したため、 $T_{ce}$ が低下した。今後、臨界電流密度に対する成長温度依存性を調べ、最適な成長温度について更に検討する。また、今回 $T_{ce}$ が、約86 Kと低い値であった。同様の作製条件において、 $\text{CeO}_2$  buffered R- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基板上で作製したEBCO薄膜は約90 Kを示した。SrTiO<sub>3</sub>基板上においても同様に $T_{ce}$ が90 Kを超える薄膜の作製プロセスについて検討する。

### 2. 高感度 SQUID センサーの作製プロセスの検討

SQUIDの構成要素であるジョセフソン接合のI-V特性、マイクロ波応答特性を測定するために、新たな測定装置の構築を行なった。本装置では、約20 Kまでの冷却が可能であり、それぞれの特性において温度依存性が測定可能である。今後、この装置を用いて、ジョセフソン接合の評価を行なっていく。

### 発表論文など

Ota Y, Kimura Y and Michikami O. Effect of a multi-buffer layer ( $\text{Sm}_2\text{O}_3/\text{CeO}_2$ ) on the superconducting properties of an  $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  thin film. *Physica C* (2005, in press)