

Title	Bi系高温超伝導体の積層エピタキシャル薄膜の特性研究
Author(s)	太田, 裕之
Citation	
Issue Date	
oaire:version	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3110043
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	お 太 田 ひろ 裕 ゆき 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 2 4 7 4 号
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	Bi 系高温超伝導体の積層エピタキシャル薄膜の特性研究
論文審査委員	(主査) 教授 青木 亮三 教授 白藤 純嗣 教授 平木 昭夫 教授 村上 吉繁

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はイオンビームスパッタ成膜装置により作製した $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$ ($n = 1, 2, 3$) 薄膜の高品質化、並びに作製された薄膜の伝導特性に関する研究成果をまとめたものであり、6章から構成されている。

第1章では研究背景、研究目的、並びに本論文の構成を述べている。

第2章では酸化物超伝導体をはじめとする2次元超伝導体の伝導特性をKosterlitz-Thoulessの相転移(KT転移)に関連づけて概説し、渦糸のKT転移と電荷のKT転移の競合により超伝導体-絶縁体転移が理解され得ることを論述している。さらに、この競合モデルは第4章で議論する $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$ (Bi2201)相と $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ (Bi2212)相との混晶薄膜(Bi2201-Bi2212混晶薄膜)の伝導特性を説明し得るモデルの一つとして妥当であることを示している。

第3章ではイオンビームスパッタ成膜装置によるBi2201相、Bi2212相、並びに $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ (Bi2223)相の生成特性について報告している。まず生成プロセスを詳細に検討し、膜質の向上を図った結果について述べている。次にBi2201相膜の作製を試み、Bi2201相の生成温度領域、また結晶性と基板温度との関係を明らかにしている。Bi2212相、Bi2223相膜の作製に関しては基板温度並びに酸化ガス圧と生成相との相関についての詳細な検討の結果、単相膜作製のための基板温度幅は非常に狭いこと、また最適温度からずれるとBi2201-Bi2212混晶薄膜、もしくはBi2212-Bi2223混晶薄膜が生じることを明らかにしている。さらに、Bi2201-Bi2212混晶薄膜に含まれるBi2212相のモル分率の基板温度と酸化ガス圧依存性、並びにBi2201相からBi2212相への相変化の活性化エネルギーを明らかにし、Bi2212相の生成過程について考察を行っている。

第4章ではBi2201-Bi2212混晶薄膜の電気伝導過程について考察している。薄膜の面抵抗やBi2212相のモル分率と超伝導転移温度との関係を明らかにし、Bi2201-Bi2212混晶薄膜の伝導過程が渦糸のKT転移と電荷のKT転移の競合により説明可能であることを示している。

第5章ではMgO(100)基板表面の平滑化処理法について検討している。この研究はBi系高温超伝導薄膜のさらなる高品質化を目指して行ったものであり、まず、大気中の高温アニーリングがMgO(100)基板表面に与える影響、アニーリングによりMgO(100)表面上に偏析した不純物Caの分布を明らかにしている。さらに不純物Caを除去し、清浄で平滑な基板表面の形成を行った結果についても報告している。

第6章では本研究で得られた研究成果をまとめ、本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

高温超伝導を用いたエレクトロニクスの展開にはこれらの銅酸化物系の常伝導、超伝導の各状態における伝導機構の究明を必要とする。

本研究では、特に層状構造が発達して膜積層に好適な $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$ (BSCCO; $n=1, 2, 3$) 系酸化物をイオンビームスパッタ法によって成膜し、その伝導特性について解析検討を行ったもので、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

(1) イオンビームスパッタ成膜試料において $n=1, 2, 3$ に相当する BSCCO (2201) (半導体), (2212) (超伝導 $T_c = 80\text{K}$), (2223) (超伝導 $T_c = 110\text{K}$) 各相の生成を X 線回折によって確認し、この組成元素比、基板温度 (T)、雰囲気酸素 ($p\text{O}_2$) などの膜生成条件についての検討から各相生成に関する活性化エネルギーを決定して、膜生成機構についての知見を得ている。

(2) 特に (2212) 相の生成条件領域が $T, p\text{O}_2$ について狭いことから、その生成領域周縁部を利用して $(2201)_x - (2212)_{1-x}$ 混晶薄膜をモル分率 x を連続的に変化して実現することに成功している。さらに、低角 X 線回折ピークのシフトによってそれが CuO_2 原子面の連続的な積層変調によるものであることを明らかにしている。

(3) $(2201)_x - (2212)_{1-x}$ 混晶薄膜について、超伝導転移温度ならびに常伝導面抵抗の x 依存性の測定解析を行った結果、混晶薄膜内の伝導特性については超伝導量子化渦糸と電荷の各 Kosterlitz-Thouless 転移の競合過程の観点から理解できることを示し、特に顕著な抵抗-温度特性の説明に成功している。

以上のように本論文は Bi 系銅酸化物 BSCCO 各相の生成条件を明らかにして、混晶薄膜を作成し、その伝導特性の測定解析から高温超伝導酸化物内の伝導機構について新たな知見を得ており、これらの成果は、電気、電子工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。