

氏 名	かみ の まる お 神 野 丸 男
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 13 号
学位授与の日付	平 成 5 年 11 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	アーク溶融急冷法による高緻密度超伝導セラミックスの作製とその 電子デバイスへの応用に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 中 村 雅 彦 教 授 大 田 陸 夫 教 授 木 島 式 倫 教 授 橋 邦 英

論 文 内 容 の 要 旨

1986年に Müller 及び Bednorz による La-Ba-Cu-O 系セラミックス超伝導体の発見以来、臨界温度、臨界電流密度の特性改善と新物質探査の研究が進められている。実用化に向けての重要課題はデバイス素子の基礎研究に使える材料の合成法の確立である。本論文は上記の要件、即ち(1)高緻密で均質な組織を持つ酸化物超伝導結晶を短時間で合成可能なプロセス技術の確立と(2)本研究で確立した合成法で得た材料の応用特性の研究成果を述べたもので、8章より構成されている。

第1章は序論で、本研究の開始に至った動機と背景および具体的な目的項目の設定を述べている。

第2章は酸化物超伝導材料の合成プロセスに関するもので、既存の合成法の問題点を明らかにし、本研究で開発したアーク溶融急冷法の特徴を述べている。

第3章はアーク溶融急冷法による各種酸化物超伝導材料の合成と特性評価に関するものである。本方法により ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, $\text{LnBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, $\text{BiSrCaCu}_2\text{O}_x$, $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$) の各種酸化物超伝導材料を合成し、溶融急冷による結晶化過程を調べ微細構造や超伝導特性の評価を行った。従来の粉末焼成による合成所要時間の約 1/20 である 3 時間という短時間で、相対密度 95% 以上で均質性に優れる材料の合成が達成でき、臨界電流密度やピン止めエネルギー値も従来の粉末法合成材料よりも上回ることを確認した。

第4章は $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導体を用いたマイクロブリッジ型素子の作製に関するものである。本方法で合成した高緻密 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導体を用いて、マイクロブリッジ型素子を作製し、粒界ジョセフソン効果および電磁波応答特性について検討した。その結果、極めて微弱 (-65dBm) 電磁波に対しても電流-電圧特性に変化が見られ極めて高感度で作用することを確認した。

第5章は本合成法で得た超伝導基板を用いた超伝導相と絶縁相の分離形成技術に関するものである。アーク溶融急冷法により $\text{Yb}_2\text{BaCuO}_5$ 絶縁基板、 $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導性基板をそれぞれ合成し、その基板上に両相を交互に積層した場合に界面反応を起こすことなく分離形成が出来ることを確認した。

第6章は分離形成を用いた積層構造体の作製に関するものである。第5章の結果をもとに本法で合成した $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導性基板上へ、同一成分絶縁層 ($\text{Yb}_2\text{BaCuO}_5$, Yb_2O_3 , BaCuO_2) の 6nm 以下の極薄膜を形成し、上部電極に Nb を用いた Nb/ Yb_2O_3 / $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ トンネル接合構造を構築した接合部の電流-電圧特性は超伝導特有の非線形性を示すことを確認した。

第7章は $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ 超伝導性基板を用いた電子デバイス用トンネル接合の作製に関するものである。他の方法では合成が極めて難しい $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ 超伝導材料を本方法で合成に成功したので基板化して積層型トンネル接合を作製し、ほぼ理想的な電流-電圧特性を示すことを確認した。

第8章は本プロセスで合成した超伝導材料は、電子デバイスへの応用のみならず超伝導材料の基礎的な

物性研究用試料としても有用であることを指摘し、本研究を総括して結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は20世紀発見の革命素材であるセラミックス（酸化物）超伝導材料の実用化に向けて、緻密で均質性に優れる材料を短時間に合成出来る新プロセス技術の開発と合成材料の超伝導特性および電子デバイス素子の作製法と応用特性の評価結果をとりまとめたものである。酸化物超伝導材料として高緻密性、均質性に優れ、不純物汚染の少ない合成法の開発が望まれるが、本研究は新たにアーク熔融急冷法を開発して上記目的をほぼ達成した。本開発法は従来の粉末焼結法に比べると約 1/20 の 3 時間で理論密度の 95% の高密度で均質で、臨界電流密度やピン止めエネルギー値等の超伝導特性が優れる材料の合成が可能である。更に、本論文で現在までに発見されている複数の酸化物超伝導材料の合成に成功した実績は本法の応用性の広さを示すもので、工学的見地から評価出来る。本方法によって合成した材料の中で最も緻密性に優れた $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導体を用いて極めて敏感な電磁波応答性を示すマイクロブリッジ型素子の作製、 $\text{YbBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 超伝導体と $\text{Yb}_2\text{BaCuO}_5$ 絶縁層との分離形成性に優れる積層構造体の作製、本合成法で得られた高品質 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ 超伝導体で MgO を絶縁層として世界で初めて積層型トンネル接合の形成を試み BSC 的挙動を示す非線型素子の作製など多くの優れた成果を出した。以上の複数の優れた工学的成果を総合して本論文は博士の学位に十分値すると判定される。