



Title	酸化物超伝導体を用いたトンネル接合に関する研究
Author(s)	高橋, 和彦
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38490">https://hdl.handle.net/11094/38490</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名 <sup>たか</sup>高 <sup>はし</sup>橋 <sup>かず</sup>和 <sup>ひこ</sup>彦

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 8 5 9 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 6 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 名 酸 化 物 超 伝 導 体 を 用 いた ト ン ネ ル 接 合 に 関 す る 研 究

(主査)  
論 文 審 査 委 員 教 授 青 木 亮 三

教 授 村 上 吉 繁 教 授 平 木 昭 夫 教 授 森 勇 蔵

教 授 白 藤 純 嗣

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、将来の高速電子デバイスとして注目される超伝導三端子素子に必要とされる超伝導体を用いたトンネル接合形成技術の確立を目的に、新しい酸化物超伝導体を用いたトンネル接合形成技術及び評価技術の開発を行った研究をまとめたものであり、緒論、結論を含めて8章より構成されている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、緒論として本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、準粒子注入型超伝導ベース三端子素子において、エミッタ/ベース接合として利用される超伝導トンネル接合に求められる条件についての検討を行い、良好な酸化物超伝導体(単結晶、エピタキシャル薄膜)の作製プロセス、ならびに絶縁層との間の界面についての高精度なマイクロ制御技術の確立により、酸化物超伝導体の狭いエネルギーギャップ(数meV~数10meV)を介した準粒子トンネリングを利用して、動作電圧の低減を行い、半導体に比べて1~2桁の低消費電力化が可能であることを示している。

第3章では、超伝導トンネル接合の作製に必要な高品質Bi系単結晶の育成条件の検討及び特性の評価を行い、ストイキオメトリーに近い出発組成に対し、トンネル接合の形成が可能な最大 $5 \times 5 \text{ mm}^2$ の形状で、臨界温度としては91Kの非常に高い良質な単結晶が得られることを確認している。

第4章では、Nb or Au/MgO/BSCCO トンネル接合素子を作製し、特に、Bi系単結晶の劈開面のステップの有無によるトンネル特性の違いを評価した。両者のトンネルスペクトルの形状には大きな差異があること、また、対向電極を変えたトンネル接合を作製した実験の結果から、トンネルスペクトル構造の温度変化は、主にBSCCOに起因するものであることを見いだしている。

第5章では、Bi系超伝導体に特有な結晶の異方性を考慮した層状構造モデルを設定して、計算されるトンネルスペクトルの解析を行い、実際に測定されたトンネル特性のゼロバイアスにおける有限のコンダクタンスやサブピークの存在などがほぼ説明できることを示している。また、この解析をトンネル分光実験データと比較することにより、ステップを含む結晶面における接合の場合の結果は、超伝導層への準粒子注入を反映していると判定され、その結果、BSCCOの超伝導ギャップエネルギーは、約40meVと観測されている。

第6章では、難焼結性のBKBOに対して、独自に開発したPMQ法を用いてAu/MgO/BKBOトンネル結合を形成し、BKBO超伝導体のエネルギーギャップを明確に観測することができ、それらが温度に対してBCS理論特性をもって振舞うことを示している。

さらに、高圧スパッタ法により、高品位のBKBOエピタキシャル薄膜 ( $T_c=28\text{K}$ ) を比較的低温で形成 ( $300\sim 400^\circ\text{C}$ ) できることを見いだした。その表面に、natural barrierを用いたトンネル接合を作製し、得られたトンネルスペクトルがBCS理論と良い一致が見られることを観測している。ゼロバイアスの非トンネル性リークは、コンダクタンス比にして $1/40$ 以下の良好な準粒子トンネル接合であることを示している。

第7章で、Au/natural barrier/BKBO/SrTiO<sub>3</sub> (Nbドーパ) 積層構造からなる超伝導データベース三端子素子を試作し、酸化物超伝導体のトンネル接合を用いた三端子素子としての基本動作特性を実証している。

第8章では、本研究の内容を総括して、本論文の結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

近年の高度情報化社会の発達は、半導体トランジスタをはじめとする固体電子デバイスの発展に支えられてきた。しかしながら、21世紀以降にはこれらにとって代わる新規な現象を利用した低消費電力の高速論理演算素子等が期待されており、超伝導現象を利用した素子は最も有望な素子の一つである。

本論文は、将来の高速電子デバイスとして注目される超伝導三端子素子に必要とされる、高温超伝導体によるトンネル接合法の確立を目的に、新しい酸化物超伝導体表面におけるトンネル接合形成技術及び評価技術の開発を行った研究についてまとめたものであり、その成果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 準粒子注入型超伝導データベース三端子において、エミッタ/ベース接合として利用される超伝導トンネル接合に求められる条件についての検討を行い、良好な酸化物超伝導試料 (単結晶、エピタキシャル薄膜) の作製条件の選定、ならびに絶縁層との間の界面についての高精度なマイクロ制御技術の確立により、酸化物超伝導体の狭いエネルギーギャップ (数meV~数10meV) を介した準粒子トンネリングを利用して、動作電圧の低減を行い、半導体に比べて1~2桁の低消費電力化が可能であることを設計検討し実験的に確かめている。
  - (2) Bi系酸化物超伝導体BSCCO単結晶の育成条件の検討を行い、自己フラックス溶融固化法により高い臨界温度 ( $T_c=91\text{K}$ ) を有して、トンネル接合容易なサイズの結晶作製が可能であることを示し、これを用いたトンネル接合素子の作成特性測定を行い、各種接合条件でのスペクトル解析から結晶内各原子層の電子状態についての知見を得ることを試みている。
  - (3) 臨界温度については上記のBSCCO超伝導体に比べて比較的低い ( $T_c=28\text{K}$ ) が、物性制御の容易な等方性超伝導体BKBOについて高圧スパッタ法により高品質エピタキシャル薄膜を比較的低温 ( $300\sim 400^\circ\text{C}$ ) で形成することに成功し、さらにこの薄膜表面のnatural barrierを利用したトンネル接合を作製し、測定されたスペクトル特性についてBCS理論と良い一致が見られることを確認しており、良好な準粒子トンネリングが行われていることを見いだしている。
  - (4) このBKBO薄膜をトランジスターベース領域として用いた超伝導データベース三端子素子を試作し、酸化物超伝導体をトンネル接合に用いた三端子素子としては、初めてその基本動作特性を確認して電流増幅率などを測定している。
- 以上の結果は、これまでに国内外において得られていない酸化物超伝導体を用いた超伝導三端子素子の基本動作の確認を含め、高温超伝導トンネル接合形成技術の開発について多くの知見を与えており、将来の高速電子デバイスを目指す電気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のあるものとして認める。