

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 酸化物超伝導体を用いたトンネル接合素子の特性向上に関する研究  |
| Author(s)    | 山野, 耕治  |
| Citation     | 大阪大学, 1994, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/39339">https://hdl.handle.net/11094/39339</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。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | 山 野 耕 治  |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 ( 工 学 )  |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 1 5 7 3 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 6 年 1 0 月 5 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素子の特性向上に関する研究                                   |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 中 島 信 一<br>教 授 興 地 斐 男    教 授 志 水 隆 一    教 授 村 上 吉 繁 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、液体ヘリウムを使用せず、小型冷凍機による冷却により動作可能な超伝導デバイスの実現に必要なトンネル接合素子の開発を目的に、超伝導性の空間的広がり指標となるコヒーレンス長が異なる酸化物超伝導体のトンネル接合素子作製、評価及び解析技術の開発を行った研究をまとめたもので、以下の6章から構成されている。

第1章では、序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、三端子素子実現に必要なとされる積層型トンネル接合素子作製に必要な条件に関して、超伝導体及び絶縁バリアについて検討を行っている。

第3章では、BiSrCaCuO (BSCCO) 系酸化物超伝導体単結晶劈開面の STM 及び HR-TEM による評価と、その劈開面上への MBE 法による数 nm オーダーの膜厚の MgO 絶縁層薄膜の積層化技術の検討を行い、BSCCO 系超伝導体単結晶の劈開面が2nm以下の表面平坦性を有すること、7nm厚の MgO 絶縁層がトンネル接合素子に必要な均一性を持って成長することを確認している。

第4章では、BSCCO 系超伝導体単結晶の劈開面上に、絶縁層薄膜積層化技術を利用した Nb/MgO/BSCCO トンネル接合素子の作製と評価及びそのトンネル分光特性について述べている。特に、成膜温度の異なる MgO をバリアとした素子のトンネル分光特性から得られる異なるエネルギーギャップ値は、積層界面での超伝導転移温度の違いだけで説明可能なことを示すとともに、トンネル分光特性が積層界面での超伝導特性評価に有効であることを実証している。また MgO と BSCCO の間に Au を積層した素子において超伝導近接効果に起因するエネルギーギャップを観測している。

第5章では、コヒーレンス長の長い BaKBiO (BKBO) 系酸化物超伝導体の作製技術と、BKBO 超伝導体表面に存在する自然バリアの除去技術の開発を行っている。さらに、この自然バリアの除去技術を利用し作製した MgO 人工バリアを用いた素子において、理論曲線と良い一致を示しかつ積層界面での超伝導特性の良好なトンネル特性を観測している。特に、本素子において、従来の素子に比べリーク電流を低減することに成功し、本研究のトンネル接合素子作製及び評価技術の有効性を明らかにしている。

第6章では、本研究を総括して、本論文の結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

超伝導体を用いた回路素子は、半導体とは動作原理が異なり、低消費電力で高速動作が可能なることから、最も有望な次世代高速デバイスの一つであると考えられている。

本論文は、小型冷凍機の到達冷却温度で動作可能な超伝導デバイス実現に必要なトンネル接合素子の開発を目的に、コヒーレンス長の異なる酸化物超伝導体を用いたトンネル接合素子作製、評価及び解析技術の開発を行った研究をまとめたものであり、その主な成果を要約すると、以下のとおりである。

- (1) セルフフラックス法で作製した超伝導転移温度 91K を有する良質な BiSrCaCuO (BSCCO) 系酸化物超伝導体単結晶の劈開面上に、表面平坦性に優れた数 nm 厚の MgO 膜を MBE 法によって形成する技術を開発し、積層型トンネル接合素子のバリアとして適用可能であることを確認している。
- (2) BSCCO を用いた異なる特性を持つトンネル接合素子において、BSCCO と MgO の積層界面での超伝導特性(転移温度)と、トンネルスペクトルから求められる超伝導エネルギーギャップとの間にスケーリング則が成り立つことを実証するとともに、トンネル分光法による積層界面評価の有効性を確認している。さらに酸化物超伝導体では報告例の少ない超伝導近接効果によるエネルギーギャップの観測にも成功している。
- (3) 上記 BSCCO に比べ超伝導転移温度は低いが、コヒーレンス長が長く積層界面での物性制御が容易と考えられる BaKBiO (BKBO) 系酸化物超伝導体について、80Pa の高ガス圧下でのスパッタ法により、比較的低温(400℃)でエピタキシャル薄膜の形成に成功するとともに BKBO 薄膜表面に存在する自然バリアが300℃での真空中熱処理で除去可能なことを見出している。
- (4) 自然バリアの除去技術を利用し、新たに MgO の人工バリアを用いたトンネル接合素子の開発を行い、そのトンネルスペクトルが、従来型の理論と良く一致することを確認している。特に、自然バリアを用いた素子に比べ、バリア特性の向上を解析的手法により確認するとともに、素子特性の重要なパラメータであるリーク電流を1/3に低減することに成功している。

以上のように本論文は、超伝導デバイスの動作温度の向上を可能とする、酸化物超伝導体を用いたトンネル接合素子の作製及び評価技術に関して多くの有益な知見を与え、さらに超伝導デバイスの開発に新しい指針を示しており、応用物理学特に超伝導工学及び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。