

Title	酸化物高温超電導体を用いた超電導ベース三端子素子に関する研究
Author(s)	臼杵, 辰朗
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37830
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	臼 杵 辰 朗
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 0 3 3 号
学位授与年月日	平成 4 年 2 月 20 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	酸化物高温超電導体を用いた超電導ベース三端子素子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 小林 猛 (副査) 教 授 末田 正 教 授 浜川 圭弘 教 授 蒲生 健次

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、酸化物高温超電導体を能動部分に用いる新しい“超電導ベース三端子素子”の動作解析、作製そして基本動作の実験的検証を行っている。本研究における超電導ベース三端子素子は超電導エミッタから注入された低エネルギー準粒子が超電導ベース電極層を散乱無く走行し、半導体コレクタに到ることによりトランジスタ動作するもので、数十mVの電圧で動作できる低消費電力性と超電導ベースによる超高速動作が特徴である。酸化物高温超電導体は誕生して間が無い材料である。さらに、構成元素が多く結晶構造自体も非常に複雑である。このような訳で、研究を推進するに不可欠な殆ど総ての要素技術において全く新規な技術開発を必要とした。素子の動作解析においても状況が同じであった。酸化物高温超電導体として臨界温度が100 K以上と高いBiSrCaCuOと等方的性質のBaKBiOを選んで研究を行った。本素子を実現するには、理論面では注入された準粒子の輸送の解析、材料プロセス面では高温超電導単結晶・薄膜の作製、エミッタ/ベースに対応する超電導体/絶縁体/超電導体(SIS)トンネル接合、ベース/コレクタに対応する超電導体/半導体接合の形成や絶縁分離等の新技術の樹立が重要である。

まず、超電導ベース層内の準粒子輸送特性をボルツマン方程式をもとにしたモンテカルロシミュレーションにより求め、準粒子の輸送効率や走行時間、等価拡散係数などを見積もった。超電導ベース/半導体コレクタ界面の準粒子に対する量子力学的透過率をボゴリコフ方程式の導入によって解析し、酸化物高温超電導体利用の有用性と低エネルギー準粒子注入の有利性を明らかにした。BiSrCaCuOおよび同族結晶の薄膜と単結晶の作製を行い、とくにBiSrCaCuO薄膜表面からBi組織を精密に補償することにより薄膜表面の平坦性を大幅に改善するとともに高品位化を図った($T_c = 109\text{K}$)。これらの材料の表面・界面清浄化技術を樹立してNb/MgO/BiSrCaCuOで構成するSISトンネル接合をMBE

法によって作製した。エミッタに利用するとともにトンネルスペクトロスコピーから超電導ギャップパラメータ ($\sim 25\text{meV}$) の導出を行い、基礎物性データの抽出により理学分野へも貢献した。一方では、Bi や Ca などの構成元素を面内で変調ドーピングさせる新技術を提案し、同一基板内に高温超電導体を選択的に作り込む分離形成技術として確立した。これは複雑な構造の超電導三端子素子の作製やその集積化には有効に使える技術である。

以上の諸準備のもとに、酸化物超電導ベース三端子素子の試作を行い、新しいデバイスの基本動作の確認を行った。

Au/natural barrier/BaKBiO/SrTiO₃(Nbドーブ) で構成する素子において、世界に先駆けて三端子動作が確認できた。まだ4.8Kの極低温ではあるが、僅か40mVの低いコレクタ電圧においてベース接地電流増幅率0.2が得られた。様々な素子特性は注入準粒子の輸送特性解析結果によって矛盾なく説明された。

論文審査の結果の要旨

近年誕生した酸化物高温超電導材料を基盤にする新しいエレクトロニクスの構築が切望されている。本論文では酸化物高温超電導体を能動部分に導入する新しいトランジスタ“超電導ベース三端子素子”の提案を行い、その動作解析、要素的材料プロセス技術の樹立と素子試作、そして基本動作の実験的検証をまとめている。

まず超電導ベース電極内の準粒子輸送特性をボルツマン方程式をもとにしたモンテカルロシミュレーションにより求め、バリスティック輸送効率や走行時間、等価拡散係数などを見積もった。コレクタ界面の準粒子に対する量子力学的透過率をポゴリコフ方程式の導入により解析し、酸化物高温超電導体利用の有効性を明らかにした。

酸化物高温超電導体は誕生して間がない材料である。さらに構成元素が多く、結晶構造自体も非常に複雑である。このような訳で、研究推進に不可欠な殆ど総ての要素技術において全く新規な技術開発を必要とした。BiSrCaCuO 薄膜表面の Bi 組織を精密補償することにより高品位化(臨界温度109K)に成功した。これら材料の表面・界面清浄化技術を樹立してNb/MgO/BSCCO で構成するSIS トンネル接合をMBE法により作製した。トランジスタのエミッタに利用すると共にトンネルスペクトロスコピーから超電導ギャップパラメータの算出を行い、基礎特性データの提供により理学分野の研究推進にも大きく貢献した。一方では、Bi や Ca などの構成元素を薄膜面内で変調ドーピングさせる要素技術を提案し、同一基板内に高温超電導体を選択的に作り込む分離形成技術として確立した。複雑な構造の超電導三端子素子の作製やその集積化には有効に使える技術である。

上述のような諸準備のもとに高温超電導ベース三端子素子の試作を世界に先駆けて行い、高温超電導ベース電極内の注入準粒子の輸送が初めて実験的に検証された。また、一連の輸送特性のデータは理論的に矛盾なく説明された。

以上のように本論文は、酸化物高温超電導エレクトロニクスや材料基礎科学の発展に資するところが多大であり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。