

氏名(本籍)	楠 ^{くす} 森 ^{もり} 毅 ^{たけし} (埼玉県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第1,243号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	高温超伝導酸化物のトンネル分光の研究
主査	筑波大学教授 工学博士 井口 家成 Ph. D.
副査	筑波大学教授 工学博士 滝田 宏樹
副査	筑波大学助教授 工学博士 村上 浩一
副査	筑波大学教授 工学博士 吉崎 亮造

論文の要旨

高温超伝導トンネル接合は、21世紀の超伝導エレクトロニクスのデバイスとして最も重要であり、大きな役割をすることが期待される。しかし高温超伝導体を用いるデバイスに適した薄膜積層形のトンネル接合の作製は、酸化物化合物特有の酸素欠損、極端に短い(数 nm)コヒーレンス長また層状化合物のための超伝導ギャップの異方性などがあり、大変困難なものになっている。ポイントコンタクトあるいは単結晶を用いるトンネル接合の作製は、従来から試みられているが、積層薄膜トンネル接合の作製は、本研究がはじめてである。本論文は電子ビーム共蒸着装置を用いた積層薄膜トンネル接合のその場作製技術を開発するとともに、そこに介在するミクロ的な諸問題を初めて明らかにしたものであり、学問的にも技術的にも高い評価をもつものである。

第1章は序論で研究の背景、また目的を述べている。研究の背景では、現在の金属超伝導体を用いたデバイスの説明、7年前に発見された酸化物高温超伝導体の出現に伴う超伝導デバイスの新たな展開への期待を述べている。研究目的は、その第一は、デバイスとして実用的な薄膜積層形高温超伝導体/絶縁層/高温超伝導体(SIS)トンネル接合を作製することにある。またトンネル接合の特性は超伝導ギャップ、状態密度、相互作用に關与する励起スペクトルなど高温超伝導体の超伝導発現機構とも密接に結びついており、イットリウム系の超伝導体についてのこれらの情報を得ることも目的である。第3章はトンネル分光に關わる原理を弱結合超伝導体、強結合超伝導体の場合、またアンドレーフ反射について解説しているほか、本研究で重要な異方性をもつ高温超伝導体で期待されるトンネル複雑な特性の計算を大型コンピュータを用いて行っている。その結果、異方性が大きく反映した特性

が得られている。

第4章は本研究のトンネル接合試料の作製、種々の実験方法について述べている。電子ビーム共蒸着装置を用いて積層膜を真空を破らずにその場堆積する技術により行い、薄膜積層形トンネル接合を作製している。具体的に YBCO/絶縁層/YBCO の SIS 接合をその場金属マスク交換技術により MgO 単結晶基板の上に作製した。絶縁層を堆積した後、再び基板を高温にするので、これに耐え得る材料が不可欠であり、格子のマッチングも考えた場合、 CeO_2 が一番適しているという結論に至っている。種々の絶縁層の材料をテストし、SIS 接合に適した一つの材料として CeO_2 を見出したのはこの論文の大きな仕事である。第4章はこのほかに薄膜、積層構造の評価に用いた原子間力顕微鏡 (AFM)、RHEED の解説を行っているほか、トンネル効果の測定技術について、電流-電圧特性の測定、その微分測定につき解説している。

第5章は、論文の最も中枢部であり、積層薄膜、トンネル接合の測定結果を考察を含めて、種々の測定手段に分けて述べている。まずはじめに AFM の結果では YBCO 薄膜の表面、また YBCO/ CeO_2 積層膜の界面を観察しているが、何れも原子レベルでは平坦ではなく、少なくとも数 nm の凹凸が観測されている。一方、反射高速電子線回折 (RHEED) の測定からは、YBCO 薄膜はきれいなストリーク、積層薄膜もほとんどエピタキシャル成長を示すきれいなパターンが得られているが、これはストリークパターンの観測だけでは理想的な接合界面ができていないということを示していることである。トンネル接合の電気的特性であるが、微分コンダクタンス特性に異方性を示す際だいたいいくつかの再現性のある構造が観測された。接合抵抗が比較的大きいときは ab 面、c 軸のギャップをそれぞれ Δ_{ab} 、 Δ_c とすると、ギャップ構造が $2\Delta_c$ 、 $\Delta_{ab} + \Delta_c$ 、 $2\Delta_{ab}$ に現れた。このうち $\Delta_{ab} + \Delta_c$ の構造が最も顕著であり、この結果は第3章の計算結果とよく合っている。ギャップの異方性が観測された事実は、AFM 観察による YBCO 薄膜の原子スケールでの表面モフォロジーと矛盾しない。表面が凸凹であれば、ab-ab、c-c、ab-c 間のトンネルが可能となるからである。接合抵抗が小さいときはギャップ内で微分抵抗が小さくなるアンドレフ反射的な特性が観測された。このギャップエッジは鋭いものであり、 Δ_{ab} の構造を反映しているものと考えられる。また $eV > 2\Delta_{ab}$ の高バイアスでは、50mV-180mV にわたって一連の微細構造が確認された。これは温度によって変化しないことから、YBCO 高温超伝導体のホール対の相互作用に関与している励起子のスペクトルを反映していると考えられる。

審 査 の 要 旨

本論文は、超伝導の基本デバイスであり、現在その作製が大変難しく理想的なものは世界的にもまだ成功例のない SIS トンネル接合の研究に挑戦したものである。 CeO_2 の人口バリアを用いた新しい SIS 接合を開発し、そのトンネルスペクトル特性とミクロな積層構造の関連を AFM、RHEED などの手段を用いて追求し、重要な知見を得たことは高く評価できる。

よって、著者は博士 (工学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。