



Title	酸化物超伝導薄膜のエピタキシャル成長に関する研究
Author(s)	田中, 三郎
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37321
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	田中 三郎
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 9526 号
学位授与の日付	平成3年2月26日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	酸化物超伝導薄膜のエピタキシャル成長に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小林 猛 (副査) 教授 難波 進 教授 浜川 圭弘 教授 蒲生 健次

論文内容の要旨

本論文は酸化物超伝導薄膜のエピタキシャル成長およびその物性に関する研究成果をまとめたものである。

酸化物超伝導体は、従来の金属系超伝導体では不可能であった液体窒素温度(77.3K)以上で超伝導特性を示すことから、エレクトロニクス分野への応用において大きな期待が寄せられている。エレクトロニクス応用には超伝導体の薄膜化が不可欠であり、超伝導薄膜の成長に関する研究を行ってきた。

まず、超伝導薄膜のエピタキシャル成長について、成長温度、成長速度および、基板との整合の観点から理論的考察を行い、薄膜成長条件の制御により、超伝導薄膜のエピタキシャル成長が可能であり、また、配向性制御が可能であることを示した。MgO基板では薄膜との格子不整合が約8%あり、界面にミスフィット転位が周期的に挿入されることを計算により示した。

次に、実際に超伝導薄膜を作製し、エピタキシャル成長に必要な諸条件について検討を行い、超伝導エピタキシャル薄膜の配向性制御が、組成、成長温度、および成長速度等の諸条件のコントロールにより可能であることを明らかにした。さらに、得られたエピタキシャル薄膜の酸素量の同定、双晶の観察、界面の観察、界面の拡散分析などを行い、結晶学的な性質について議論した。その結果、酸化物超伝導薄膜は成膜直後は酸素量が不足しており、c軸方向の結晶軸が長く、臨界温度 T_c が40K程度と低いが、酸素中で最適な温度でアニール処理を行うことにより、酸素が十分に導入され、c軸長が短くなり、臨界温度も85Kに改善されることが明らかになった。また、双晶は超伝導薄膜に多数発生しており、この密度はアニール処理の前後ではほとんど変化しないことを示した。MgO基板と薄膜の界面では計算で予想したように、ミスフィット転位が観察された。しかし、その間隔は理論値よりも大きく、歪が残存し

ていることが判明した。基板と薄膜の界面における元素の拡散状態をS I M Sにより分析し, Fick's Lawから拡散係数を算出することにより, Mg の拡散係数が Sr, Ti の約10倍以上大きいことを示した。

エピタキシャル成長技術の応用として, 超伝導薄膜上に膜厚10nm の MgO (100) 超薄膜を成長させる条件の検討を行った。さらに, 超伝導薄膜／絶縁薄膜／超伝導薄膜の積層構造の試作検討を行い, 絶縁膜の膜厚が 5 nm 以上ではエピタキシャル積層構造が作製可能であることを明らかにした。

最後に作製した酸化物超伝導薄膜の電気特性および磁気特性の評価を行った。まず, エピタキシャル成長薄膜では液体窒素温度で過去最高の350万A/cm²以上の臨界電流密度が得られることを示した。次に, 磁場下で抵抗の温度依存性から第二臨界磁場 H_{c2} を算出し, さらにピンニングポテンシャルの大きさを見積った。また, 応用の一つとして, エピタキシャル超伝導薄膜で信号伝送線路を作製し, 高速パルス伝送を行い, 超伝導薄膜の優れた伝送特性を実証した。

論文審査の結果の要旨

本論文は酸化物超伝導薄膜のエピタキシャル成長およびその物性に関する研究成果をまとめたものである。

超伝導薄膜のエピタキシャル成長について, 成長温度, 成長速度および, 基板との整合の観点から理論的考察を行い, 薄膜成長条件の制御により, 超伝導薄膜のエピタキシャル成長が可能であり, また, 配向性制御が可能であることを示している。MgO 基板では薄膜との格子不整合が約 8 %あり, 界面にミスフィット転位が周期的に挿入されることを計算により示している。

次に, 実際に超伝導薄膜を作製し, エピタキシャル成長に必要な諸条件について検討を行い, 超伝導エピタキシャル薄膜の配向性制御が, 組成, 成長温度, および成長速度等の諸条件のコントロールにより可能であることを明らかにしている。さらに, 得られたエピタキシャル薄膜の酸素量の同定, 双晶の観察, 界面の観察, 界面の拡散分析などを行い, 結晶学的な性質について議論した。その結果, 酸化物超伝導薄膜は成膜直後は酸素量が不足しており, c 軸方向の結晶軸が長く, 臨界温度 T_c が40K程度と低いが, 酸素中で最適な温度でアニール処理を行うことにより, 酸素が十分に導入され, c 軸長が短くなり, 臨界温度も85Kに改善されることが明らかになった。また, 双晶は超伝導薄膜に多数発生しており, この密度はアニール処理の前後ではほとんど変化しないことを示している。MgO 基板と薄膜の界面では計算で予想したように, ミスフィット転位が観察されている。しかし, その間隔は理論値よりも大きく, 歪が残存していることが判明している。基板と薄膜の界面における元素の拡散状態をS I M Sにより分析し, Fick's Law から拡散係数を算出することにより, Mg の拡散係数が Sr, Ti の約10倍以上大きいことを示している。

エピタキシャル成長技術の応用として, 超伝導薄膜上に膜厚10nm の MgO (100) 超薄膜を成長させる条件の検討を行っている。さらに, 超伝導薄膜／絶縁薄膜／超伝導薄膜の積層構造の試作検討を行い, 絶縁膜の膜厚が 5 nm 以上ではエピタキシャル積層構造が作製可能であることを明らかにしている。

最後に作製した酸化物超伝導薄膜の電気特性および磁気特性の評価を行っている。まず、エピタキシャル成長薄膜では液体窒素温度で過去最高の350万A/cm²以上の臨界電流密度が得られることを示している。次に、磁場下で抵抗の温度依存性から第二臨界磁場H_{C2}を算出し、さらにピンニングポテンシャルの大きさを見積っている。また、応用の一つとして、エピタキシャル超伝導薄膜で信号伝送線路を作製し、高速パルス伝送を行い、超伝導薄膜の優れた伝送特性を実証している。

以上の成果は、酸化物超伝導薄膜のエピタキシャル成長過程の解明および超伝導物性の解明という見地から優れた研究で、超伝導エレクトロニクスに大きく貢献するものであり、博士論文として価値あるものと認める。