別紙1－1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※　甲　　第　　14054　　号

氏　　名　伊東　智寛

論　文　題　目

Vapor-Liquid-Solid成長を利用した$YBa_2Cu_3O_y$高温超伝導薄膜の結晶成長機構と超伝導特性に関する研究
(Study on crystal growth mechanism and superconducting properties of $YBa_2Cu_3O_y$ thin films using Vapor-Liquid-Solid growth technique)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	吉田　隆
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	福塚　友和
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	田畑　彰守
委員	愛知工業大学	工学研究科	教授	一野　祐亮
委員	東北大学	金属材料研究所	教授	淡路　智

別紙１－２

論文審査の結果の要旨

伊東智寛君提出の論文「Vapor-Liquid-Solid成長を利用した$YBa_2Cu_3O_y$高温超伝導薄膜の結晶成長機構と超伝導特性に関する研究」は、液相成長法の一種であるVapor-Liquid-Solid(VLS)成長を用いて作製した$YBa_2Cu_3O_y$(YBCO)高温超伝導薄膜の成膜速度及び臨界電流I_cの同時向上を目的としている。高速成膜時におけるYBCO薄膜の結晶配向機構、磁場中I_c特性向上のため導入した人工ピンニングセンター$BaHfO_3$(BHO)ナノロッドの成長メカニズム、厚膜化によるI_c向上にむけた薄膜内の酸素拡散メカニズムの理解、及び新たな人工ピンニングセンターとしてAuイオン照射による検討を行った。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、超伝導体発見の歴史と基本的な性質について述べ、$REBa_2Cu_3O_y$(REBCO)高温超伝導体の結晶構造、超伝導特性及び電気的性質について説明している。また、本研究で用いたVLS成長法の成膜手法や結晶成長の原理、さらにVLS成長法におけるREBCO線材作製の現状を述べ、それらを踏まえて本研究の目的及び検討内容について述べている。

第2章では、YBCO薄膜の作製に用いたPulsed-Laser-Deposition(PLD)法の原理と概要、装置の特徴及び成膜手順について説明し、PLD法に用いた焼結体ターゲットの作製方法及び成膜基板について述べている。また、作製したYBCO薄膜の各評価方法について説明している。

第3章ではYBCO薄膜の高速成膜かつ高品質薄膜作製を目的とし、高速成膜時におけるYBCO薄膜の結晶成長機構について検討している。その結果、VLS成長は従来の気相成長と比較して高速成膜時における過飽和度が6桁以上小さくなり、a軸配向粒と呼ばれる異相の生成抑制が明らかとなった。この章で得られた結果は、VLS成長は高速成膜かつ高品質薄膜が作製可能であることを示す重要な知見であると考えられる。

第4章では、VLS成長におけるBHOナノロッド成長や量子化磁束のピンニングメカニズムについて検討している。その結果、BHOを添加することで無添加試料と比較して磁場中超伝導特性が向上し、これらBHOナノロッドのランダムピンニング的な寄与による超伝導特性向上であることが示唆された。また、断面透過型電子顕微鏡を用いた微細構造観察より、YBCO薄膜の上層部及び下層部においてBHOナノロッドの太さ、数密度の異なった成長が観察された。これはVLS成長法で用いる液相の膜厚が上層部及び下層部で異なり、成長界面におけるBHO濃度が異なったためと考えられる。この章で得られた結果は、液相膜厚を正確に制御することにより、VLS成長したBHOナノロッドの形状を制御可能であることを示す有用な知見であると考えられる。

第5章では、VLS成長したYBCO薄膜の酸素アニール時における酸素拡散メカニズムについて検討している。その手段として、BHO添加試料及び無添加試料の酸素拡散速度をそれぞれ算出している。その結果、添加の有無により酸素拡散速度が変化し、無添加試料は酸素拡散速度が遅くなることが明らかとなった。また、同酸素アニール時間において無添加試料と比較して添加した厚膜試料におけるI_cが向上したため、YBCOとBHOの粒界を介して多くの酸素が薄膜内に拡散したことが示唆された。この章で得られた結果は、YBCO厚膜のさらなるI_c向上に有用な知見であると考えられる。

第6章では、新規人工ピンニングセンターとして、Auイオンを照射することで形成される人工欠陥による磁場中超伝導特性、及び量子化磁束のピン止め機構の解明を行っている。その結果、BHO添加試料と比較してAuイオンを照射した超伝導特性の等方性向上が明らかになった。これはAuイオン照射により薄膜内の酸素が弾き出され、その部分がナノパーティクル状の欠陥となりランダムピンニング的な寄与をしたためと考えられる。この章で得られた結果は、Auイオン照射が液相を介在したVLS成長に向けた新たなピンニングセンター導入技術として有望であることを示す知見である。

第7章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文において、YBCO及びBHOナノロッドの成長機構、厚膜試料の酸素拡散メカニズム、Auイオン照射による磁束ピンニング機構が明らかにされ、高速成膜及び高I_c線材の作製可能となった。これらの評価方法並びに得られた結果は、REBCO高温超伝導線材を用いた超伝導応用機器の幅広い普及を実現するために重要であり、工学の発展に寄与する所が大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である伊東智寛君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。