



Title	Surface Improvement of MgO substrate for Bi-superconducting Thin Film Fabrication
Author(s)	Ahmed, Farid
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40568">https://hdl.handle.net/11094/40568</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">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	アヘメッド AHMED	ファリッド FARID
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	
学 位 記 番 号	第 1 3 8 1 2 号	
学 位 授 与 年 月 日	平成10年 3 月 25 日	
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻	
学 位 論 文 名	Surface Improvement of MgO substrate for Bi-superconducting Thin Film Fabrication (Bi系高温超伝導酸化物薄膜作成用 MgO 基板の表面改質に関する研究)	
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 佐々木孝友	
	(副査) 教 授 原 茂太    教 授 中塚 正大    教 授 萩行 正憲 教 授 熊谷 貞俊    教 授 辻 毅一郎    教 授 松浦 虔士 教 授 山中 龍彦	

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高品質 Bi 系高温超伝導酸化物薄膜作成のための MgO 基板の表面改質に関する研究をまとめたもので、6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究を行うに至った動機を過去の研究と比較することにより述べ、高温超伝導薄膜研究における本論文の位置づけを示している。

第 2 章では、本論文の主テーマである高品質薄膜を得るために重要な薄膜成長方式であるステップ・テラス成長について、主に BCF 理論に基づき理論を紹介した後、現在までに得られている高温超伝導薄膜にその理論を適用し、過飽和度と成長温度の関係について考察を加えている。さらに本研究で用いた主要な測定装置の原理ならびに解析法・測定方法を示している。

第 3 章では、水溶性ならびに非水溶性の磷酸系エッチング液を用いて、MgO 基板のエッチングを行い、その表面モフォロジーのエッチング時間変化を原子間力顕微鏡 (AFM) ならびに反射高速電子線回折 (RHEED) により詳細に検討している。その結果、得られたエッチング速度から MgO の溶解エネルギーを求め、さらに磷酸系非水溶液のエッチング機構について考察を行っている。

第 4 章では、第 3 章でのエッチング過程に加え、高温でのアニール処理を行った場合の MgO 表面モフォロジーの検討を行っている。このアニール処理後、MgO 表面に Ca 元素の偏析が観測され、エッチングによるその除去過程とアニール処理による表面での再配列過程を繰り返して行う事により、薄膜作成に適している広いステップ・テラス構造の生成を実現している。その各処理条件下で異なる再配列に応じて形成される超構造を解析するため、RHEED パターン解析プログラムを開発し、測定結果との比較検討がなされている。

第 5 章では、表面改質を行った MgO 基板上に作成した Bi 系超伝導酸化物の一種である Bi2201 薄膜について述べている。薄膜作成装置系について述べた後、得られた膜の表面モフォロジーについて検討が行われている。この結果は薄膜成長理論からの予想と異なったものであり、その原因について考察を行っている。

第 6 章では、本論文の総括として、得られた知見をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

低誘電率および低誘電損失特性のため、MgO 基板は高温超伝導酸化物薄膜を利用した高周波デバイス作成に最も適した基板材料である。しかし高温超伝導酸化物との大きな格子不整合があるため、二次元ステップフロー成長が阻害され、核成長が優先的に生じており、未だにデバイスに適した高品質薄膜が得られていない。本論文では薄膜成長理論に従い、基板上に広いステップを形成する事により、ステップフロー成長を優先的に生じさせる試みがなされている。その結果のひとつとして、世界で初めて、MgO (100) 面上にステップフロー成長に適した  $2\ \mu\text{m}$  にも及ぶ幅の広いテラス構造の実現に成功している。この結果は将来の高周波デバイス用高温超伝導素子作成のために、重要な基礎データを与えるものであり、高温超伝導薄膜に新しい展開をもたらすものと期待される。

以下に、本研究で得られた主な成果を示す。

- (1) 磷酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 水溶液は MgO (100) 基板のエッチング液としてよく用いられているが、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いた原子スケールでの観察により、適切なエッチング液ではない事を示している。その代替品として非水溶液  $\text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{-propanol}$  を新しく開発し、MgO 基板の表面改質に有効であることを見いだしている。その溶液による MgO 表面のエッチング機構を新規に提案し、そのモデルを通じて非水溶液の有効性を明らかにしている。
- (2)  $850^\circ\text{C}$  以上のアニール温度で Ca が基板表面に析出してくる事、また非水溶液で析出物を除去した後、 $1200^\circ\text{C}$  でアニールする事により  $2\ \mu\text{m}$  の幅広いステップーテラス構造が形成される事を示している。さらに、機械研磨した基板では  $\langle 100 \rangle$  方向に沿ってステップが形成されるのに対して、化学研磨したものでは  $\langle 110 \rangle$  方向に沿って形成される事を示している。さらに、不純物である Ca は内部から転位線を通してステップラインに沿って偏析する事、また異なるアニール温度により異なる再配列過程を反映した超構造が生じる事を明らかにしている。
- (3) 表面改良した MgO (100) 基板またはホモエピタキシャル成長を行った MgO (100) 基板上に作成した Bi2201 薄膜は機械研磨したのみの MgO (100) 基板上に作成した Bi2201 薄膜の表面モフォロジーに比べて劣っている。これは単一原子系における単純な結晶 (膜) 成長理論から考えると矛盾であるが、ステップラインに凝集した Ca 析出物の存在を考慮すると、その Mg とのイオン半径の大きな違いから生じる大きな表面歪みエネルギーから説明が可能である。この結果は不純物を取り除かない限り、ステップフロー過程に基づく高品質の薄膜成長は妨害される事を示している。さらには膜成長プロセスにおける過飽和条件のより詳細な検討の必要性を暗示している。

以上のように本論文は、高品質な Bi 系高温超伝導酸化物薄膜を作成するのに必要な基板表面処理のための基礎データを与えるものであり、種々の新しい知見を得ている。それらは将来の高周波デバイス作成に必要な不可欠な情報を与えるものである。よって、本論文は博士論文として価値のあるものと認める。