

Title	チタン酸ストロンチウム薄膜の歪み誘起物性に関する研究
Author(s)	金城, 隆平
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/34420">https://hdl.handle.net/11094/34420</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 金城 隆平 )

## 論文題名

チタン酸ストロンチウム薄膜の歪み誘起物性に関する研究

## 論文内容の要旨

本論文は格子歪みがチタン酸ストロンチウム (STO) 薄膜の誘電特性に与える影響を明らかにするため、異なる格子定数を持つ様々な基板上へのSTO薄膜の作製を行い、その格子歪みについてX線構造解析による詳細な評価を行い、かつテラヘルツ時間領域分光法を用いて作製した薄膜の誘電特性を観察した結果をまとめたものである。特に、強誘電性の直接の原因であるソフトモードと呼ばれるフォノンモードの歪みの影響による周波数シフトを詳細に観測した。論文は6章からなり、各章の内容を以下に要約する。

第1章では、本研究が行われた背景について述べ、本研究の動機、目的を示した後に研究論文の構成について述べた。

第2章では、強誘電体の物性を考える上で必要となる理論について述べた後に、本研究で着目したチタン酸ストロンチウムの特性について述べた。

第3章では、パルスレーザー堆積法を用いて、異なる格子定数を持つ様々な基板上にSTO薄膜を作製した結果について述べた。様々な条件で薄膜の作製を行うことにより最適な条件が得られ、最適条件下で作製したSTO薄膜は良好なc軸配向膜であったことを述べた。またX線逆格子マッピング測定の結果から、 $MgAl_2O_4$ 基板上に作製したSTO薄膜については格子ミスマッチによる歪みは緩和しているものの、面内の格子定数のほうが大きい正方晶として成長していることを明らかにした。

第4章では、STO薄膜の誘電特性を観察する手段として用いたテラヘルツ時間領域分光法の原理と解析手法を示した。また本研究でテラヘルツ波発生源として用いたDAST結晶について述べた後に、実際に使用したシステムについて述べた。本研究で用いたシステムはエミッタとディテクタを真空チャンバー内に置くことで大気中の水分によるテラヘルツ波の吸収を抑え、またDASTをエミッタとして用いたことで最大で8 THz付近までの広帯域のスペクトルが得られたことを示した。

第5章では、テラヘルツ時間領域分光法を用いて、作製したSTO薄膜の複素誘電率を計測した結果について述べた。 $MgO$ 及び $MgAl_2O_4$ 基板上に作製したSTO薄膜については最大で6.0 THzまでの周波数の誘電分散が得られた。 $MgAl_2O_4$ 基板上に作製したSTO薄膜については誘電分散の膜厚依存性や温度依存性など詳細な観察を行い、160 K ~ 170 K付近で薄膜が強誘電相転移を起こしていることが強く示唆される結果を得た。

第6章では、本研究を総括した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 金城 隆平 )	
論文審査担当者	(職) 氏 名
	主 査 教授 斗内 政吉
	副 査 教授 尾崎 雅則
	副 査 准教授 村上 博成
	副 査 准教授 川山 巖
	副 査 教授 伊藤 利道
	副 査 教授 森 勇介
	副 査 教授 片山 光浩
	副 査 教授 栖原 敏明
	副 査 教授 近藤 正彦
副 査 教授 大森 裕	
副 査 教授 八木 哲也	
<b>論文審査の結果の要旨</b>	
<p>本研究は、強誘電体が薄膜化することによって歪みにより誘電特性が変化することに着目し、歪みが誘電特性に与える影響について解明することを目的とした研究結果をまとめたものである。バルク単結晶では強誘電性を示さず量子常誘電性と呼ばれる性質を示すチタン酸ストロンチウム(STO)を用いて、格子歪みにより強誘電性を発現させ、歪みが誘電特性にもたらす影響を解明することを目指している。具体的には、異なる格子定数を持つ様々な基板上への STO 薄膜の作製及びその評価を行い、広帯域テラヘルツ時間領域分光法により強誘電相転移に直接関与するソフトモードと呼ばれるフォノンモードの情報を含む誘電分散を観察した結果について述べている。得られた研究成果を以下に要約する。</p>	
<p>(1) パルスレーザー堆積法を用いて、異なる格子定数を持つ様々な基板上への STO 薄膜の作製を行い、良質な結晶性を持つ薄膜の作製に必要な作製時における条件を示している。また X 線逆格子空間マッピングにより <math>MgAl_2O_4</math> 基板上に作製した STO 薄膜は、基板との格子ミスマッチによる歪みは緩和しているにもかかわらず、面内軸長のほうが c 軸長よりも長くなっている格子変形を起こし、STO バルク単結晶本来の立方晶から正方晶へと変化しているということを明らかにしている。</p>	
<p>(2) 有機非線形光学結晶である DAST をテラヘルツ波発生源として用いた広帯域テラヘルツ時間領域分光システムにより、<math>MgO</math> 基板及び <math>MgAl_2O_4</math> 基板上に作成した STO 薄膜については最大で 6 THz までの誘電分散を観察できることを示している。また光伝導アンテナをテラヘルツ波発生源として用いた、従来広く使われてきたシステムでは困難であった、誘電分散に現れるソフトモードによるピークの全体像を明確に観察できている。また作製した STO 薄膜の誘電特性が基板ごとに変化している様子を観察し、ソフトモード周波数が変化していることを確認している。</p>	
<p>(3) <math>MgAl_2O_4</math> 基板上に作成した STO 薄膜について誘電分散の膜厚依存性を観察し、古典的減衰振動子モデルによる誘電分散のフィッティングを行うことで誘電率、ソフトモード周波数、ダンピング係数を求め、膜厚が薄くなるほどソフトモード周波数が低下していることを示している。また X 線回折及び X 線逆格子空間マッピングより求められた薄膜の c 軸及び面内軸の格子定数から、ソフトモード周波数は Tetragonality (バルク単結晶 STO は立方晶であり、Tetragonality は立方晶からの変形の度合を表す数値) よりも、c 軸長との間に良い相関関係があることを示している。加えて誘電分散の温度依存性を測定し、同様のフィッティングを行うことで、誘電率とソフトモード周波数の温度依存性から 170 ~ 180 K の間で強誘電相転移を起こしていることを強く示唆す</p>	

る結果を示している。さらに相転移温度以下では低周波領域では誘電分散はフィッティング曲線から逸脱し、格子変形によって誘起されたと考えらえるセントラルモードが現れていることを示している。

以上のように、本論文は、歪みを持つ STO 薄膜を作製し、広帯域テラヘルツ時間領域分光法を用いて特に  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  基板上に作成した STO 薄膜のソフトモードの振る舞いについての観察した結果について述べたものである。これらの成果は歪みを持つ STO 薄膜の誘電特性について新たな知見を与え、今後の STO 薄膜誘電特性の制御、及び他の強誘電体薄膜の誘電特性の制御へと繋がる成果である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。