

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電界および基板から印加された応力によって誘起されたエピタキシャルPb(Zr, Ti)O ₃ 膜の結晶構造変化に関する研究
Title(English)	Study on crystal structure change in epitaxial Pb(Zr, Ti)O ₃ films induced by electric field and stress from substrates
著者(和文)	江原祥隆
Author(English)	yoshitaka Ehara
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9491号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:舟窪 浩,吉本 護,細田 秀樹,坂田 修身,神谷 利夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9491号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	江原祥隆		指導教員 (主)： 舟窪 浩
			指導教員 (副)： 吉本 護

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は“Study on crystal structure change in epitaxial Pb(Zr, Ti)O₃ films induced by electric field and stress from substrates 「電界および基板から印加された応力によって誘起されたエピタキシャル Pb(Zr, Ti)O₃ 膜の結晶構造変化に関する研究」”と題し、英文で書かれ全 6 章で構成されている。本論文では MOCVD 法を用いて Pb(Zr, Ti)O₃ のエピタキシャル薄膜を作製している。外的刺激を印加した場合の Pb(Zr, Ti)O₃ 薄膜の結晶構造変化を調査するために、電界および基板からの応力によって誘起される結晶構造の変化を XRD によって観察している。そして得られた結果を元に外部刺激によって誘起された結晶構造変化の起源について研究を行っている。

第 1 章“Introduction”では、研究の背景として、電界や応力によって誘起される強誘電体材料の結晶構造変化の起源 (格子伸長、非 180° ドメインのスイッチングおよび電界誘起相転移)の特徴を述べている。そして現在広く使用されている鉛系強誘電体材料の研究の現状を紹介した後に、本研究の目的を述べている。さらに薄膜の作製方法ならびに結晶構造、電気特性および圧電特性等の評価方法について紹介している。

第 2 章“Crystal structure change induced by stress from substrates in epitaxial Pb(Zr, Ti)O₃ films grown on (100) single crystal substrates”では、基板からの応力によるエピタキシャル PZT 薄膜の結晶構造の変化を XRD、圧電応答顕微鏡(PFM)および Raman 分光法を用いて評価している。Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃ 固溶体は PbTiO₃ の含有量が多い場合には正方晶構造を示し、PbZrO₃ の含有量が多いと菱面体晶構造を示す。焼結体試料の場合 $x=0.52$ 付近で結晶構造の変化が起こることが知られている。本章では CaF₂ を基板として用いることで基板から大きな熱応力を印加することができ、正方晶構造を有する組成が、 $x=0.8$ 付近まで拡大することを見出している。これらの結果から Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃ に通常印加可能な電界強度範囲では電界誘起による結晶相の変化は起きない可能性が高いことが示されている。

第 3 章“Control of non 180° domain structure and fabrication of perfect polar axis orientation induced by stress from substrates in epitaxial Pb(Zr, Ti)O₃ films”では、基板からの応力により非 180° ドメイン構造の体積分率の制御を行い、非 180° ドメインの体積分率は基板からの圧縮歪の大きさに対して線形的に増加し、それが正方晶構造か菱面体晶構造に依存しない事を確認している。そしてその結果として広い組成範囲で非 180° ドメインを完全に排除した Pb(Zr, Ti)O₃ 膜の作製に成功している。さらに種々の非 180° ドメイン体積分率の試料について強誘電性評価を行い、非 180° ドメインの体積分率が強誘電性に大きな影響を与えることを明らかにしている。

第 4 章“Crystal structure change after applied electric field in tetragonal and rhombohedral epitaxial Pb(Zr, Ti)O₃ films”では、電界印加によるエピタキシャル PZT 薄膜の結晶構造変化について放射光を用いた XRD によって解析している。その結果、非 180° ドメインの体積分率が約 60-100%の範囲で、電界印加によって体積分率の大きな変化が起きていることを見出している。

第 5 章“*In-situ* observation of electric field induced crystal structure in tetragonal and rhombohedral epitaxial Pb(Zr, Ti)O₃ films”では、矩形波の電界を高速で印加した場合の結晶格子の伸長と非 180° ドメイン構造の変化を、放射光を用いた XRD によって直接観察している。その結果、格子伸長と非 180° ドメイン構造の体積分率変化が圧電特性の大きさにはほぼ同程度の寄与がある事を明らかにしている。

第 6 章“Conclusions”では、本研究の結論と今後の展望をまとめている。

以上を要するに、本論文は典型的な圧電体である Pb(Zr, Ti)O₃ 膜に関して、電界および基板から印加された応力によって誘起された結晶構造の変化を解析し、圧電特性の起源を明らかにしている。このことは鉛系圧電材料だけではなく非鉛圧電材料を開発設計する上でも重要であり工学的意義が大きく、博士(工学)の学位論文として価値が有るものと認められる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	江原祥隆		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	舟窪 浩	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	吉本 護	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study, thin films of $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, a promising materials for nonvolatile ferroelectric random access memories (NvFRAMs), sensors and micro-electromechanical systems (MEMS), were grown by metalorganic chemical vapor deposition, and their anisotropic ferroelectric/piezoelectric properties closely related to the crystal and domain structures were investigated. The objective of this research investigated components (lattice elongation, non-180° domain switching and phase transition) of microstrain induced by external field in the ferroelectric materials. Thus, author investigated the stress from substrates and electric field on the nature of the phase transition and domain structure transformation in $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, films by using characterization techniques such as XRD, Scanning Probe Microscope (SPM) and Raman spectroscopy, and discussed their effects on ferroelectric and piezoelectric properties of $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ films for Nv-FerAMs and MEMS applications.

This thesis entitles, "Study on crystal structure change in epitaxial $\text{Pb}(\text{Zr, Ti})\text{O}_3$ films induced by electric field and stress from substrates", is written, and composed of 5 chapters. The general ferroelectric property, domain structure, the experimental set up including $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, films growth and characterization techniques are described in chapter 1. Influence of biaxial stress and thickness on crystal structure, lattice parameter, and ferroelectric property has been investigated for $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ films growing on (100) single crystal substrates in chapter 2. The strain at growth process and applied electric field [systematic growth of epitaxial $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ thin films growing on (100) (110) and (111) substrates with $\text{Zr}/(\text{Zr}+\text{Ti})$ ratio] are discussed to understand the effects of the volume fraction of non-180° domain on their ferroelectric properties including spontaneous polarization in the chapters 3 and 4, respectively. In chapter 5, the effect of the electric field on crystal structure change is investigated by *in-situ* X-ray diffraction analysis, correlate of which with their ferroelectric and piezoelectric properties are discussed. Finally, the relationships between ferroelectric and piezoelectric properties and domain structures are summarized in $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ films.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).