

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	配向および歪み制御による高性能圧電特性を有するPb(Zr,Ti)O ₃ および (Na _{1/2} Bi _{1/2})TiO ₃ -BaTiO ₃ 薄膜に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	岡本庄司
Author(English)	Shoji Okamoto
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10977号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:舟窪 浩,神谷 利夫,北本 仁孝,細田 秀樹,東 正樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10977号, Conferred date:2018/9/20, 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

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	岡本 庄司		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	舟窪 浩	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	細田 秀樹	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「配向および歪み制御による高性能圧電特性を有する $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ および $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$ 薄膜に関する研究」と題し、6 章から構成されている。MOCVD 法で作製した鉛系圧電体のチタン酸ジルコン酸鉛 $[\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3, \text{PZT}]$ 薄膜と、RF マグネトロンスパッタ法で作製した非鉛圧電体のチタン酸ナトリウムビスマスとチタン酸バリウムの固溶体 $[(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3, \text{NBT-BT}]$ 薄膜について、鉛量削減に向けた圧電性の高性能化を目的とし、配向および歪み制御の影響を検討している。

第 1 章“序論”では、研究の背景、特に圧電 MEMS デバイスにおける鉛系強誘電体膜の特徴および現状を述べ、本研究の目的を明らかにしている。更に、本研究で用いた薄膜の作製方法ならびに評価方法を紹介している。

第 2 章“Si 基板上 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ 薄膜の配向制御法の確立”では、Si 基板上での PZT 薄膜の配向制御方法を検討している。(111)_cに一軸配向した Pt で被覆された Si 基板上に、(111)_cに一軸配向したルテニウム酸ストロンチウム $[\text{SrRuO}_3, \text{SRO}]$ 薄膜の作製に成功した。さらにニッケル酸ランタン $(\text{LaNiO}_3, \text{LNO})$ 薄膜を Pt と SRO 層の間に作製することで、(100)_cに一軸配向した SRO 薄膜も作製できることを明らかにしている。上記の配向制御した SRO 薄膜を下部電極とすることで、(100)/(001)および(111)に一軸配向した $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.35}\text{Ti}_{0.65})\text{O}_3$ 薄膜の作製に成功している。得られた薄膜の強誘電性は、チタン酸ストロンチウム $(\text{SrTiO}_3, \text{STO})$ 単結晶基板上に作製した PZT エピタキシャル薄膜の特性からの予想値とほぼ一致することを明らかにしている。

第 3 章“Si 基板上面内配向制御 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ 薄膜の特性評価”では、Si 基板上にイットリア安定化ジルコニア (YSZ)、酸化セリウム (CeO_2) および LNO をバッファ層として作製することで、(100)_cに配向してエピタキシャル成長した SRO 薄膜の作製に成功している。この SRO 薄膜を下部電極とすることで、Si 基板上に(100)/(001)に配向したエピタキシャル PZT 薄膜の作製に成功している。この結果をもとに、面外方向に(100)/(001)配向を有し、面内がランダムな一軸配向 PZT 薄膜と、面内も配向したエピタキシャル PZT 薄膜の特性の Zr/(Zr+Ti)組成依存性を比較している。その結果、Zr/(Zr+Ti)比が約 0.5 以下の正方晶構造を有する膜では、面内の配向によって強誘電ドメイン構造が変化することを見出している。さらに、面内の配向に関係無く Zr/(Zr+Ti)=0.5 付近で圧電性が最大になるものの、エピタキシャル膜の方が大きな最大値を示すことを明らかにしている。

第 4 章“配向制御した $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ 薄膜の結晶構造および特性に及ぼす応力の影響”では、第 3 章で検討した Si 基板上に加えて、SRO 薄膜を下部電極として作製した STO 基板にも、(100)/(001)に配向したエピタキシャル PZT 薄膜を作製し、膜に印加する応力が結晶構造および特性に及ぼす影響の検討を行った。STO 基板上に作製した PZT 薄膜では、Si 基板上に作製した PZT 薄膜と比較して、正方晶と菱面体晶相の共存領域が Zr/(Zr+Ti)=0.5 付近に存在することが確認された。また、STO 基板上に作製した PZT 膜では、Si 基板上の膜では観察されなかった、Zr/(Zr+Ti)=0.5 付近の飽和分極値の最小値や抗電界の最大値が存在することを見出している。さらに、STO 基板上に作製した PZT 薄膜では、Si 基板上の膜で観察された Zr/(Zr+Ti)=0.5 付近の圧電性の増大が認められないことを明らかにしている。

第 5 章“Si 基板上 $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$ 薄膜の巨大圧電特性の実現”では、非鉛圧電体の NBT-BT 薄膜について、大きな圧電特性を実現するための検討を行っている。スパッタ成膜時の条件を制御することで、LNO バッファ層を作製した Ir 電極付き Si 基板上に、種々の結晶歪みを有する (001)に一軸配向した NBT-BT 薄膜を作製することに成功している。その結果、歪み制御によって面外と面内の格子定数比が 1.001 となった NBT-BT 薄膜で、Si 基板上で量産されている PZT 薄膜とほぼ同等の圧電特性とキュリー温度を実現できることを報告している。さらに、この膜は、正方晶相(P4bm)と菱面体晶相(R3c)が共存しており、P4bm 相の電界誘起の相転移が、高い圧電特性の起源になっている可能性を示している

第 6 章“結論”では、本研究と今後の展望をまとめている。

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).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物質科学創造	専攻
Department of		
学生氏名：	岡本 庄司	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	舟窪 浩	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：	細田 秀樹	
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this thesis, for the purpose of improving the performance of piezoelectric properties for reducing lead usage, Pb(Zr,Ti)O₃(PZT) thin films prepared by MOCVD and (Na_{1/2}Bi_{1/2})TiO₃-BaTiO₃(NBT-BT) thin films prepared by RF magnetron sputtering are investigated for the effect of orientation and strain control.

In order to establish a control method of orientation of PZT thin film on Si substrate, it was clarified that (111)_c- and (100)_c-oriented SrRuO₃(SRO) thin film can also be fabricated on Si substrates with (111) Pt thin film. We succeeded in the preparation of (100)/(001) and (111)oriented fiber-textured PZT thin films by using SRO thin film with orientation control as bottom electrode.

We successfully fabricated epitaxial (100)_c-oriented SRO thin films grown on Si substrates with preparing YSZ, CeO₂ and LNO as buffer layers. By using this SRO thin films as a bottom electrode, we succeeded in preparing an epitaxial (100)/(001)PZT thin film oriented to on a Si substrate. Based on this result, it was investigated the Zr/(Zr+Ti) dependence of crystal structure and electrical properties of epitaxial and fiber-textured (100)/(001) PZT thin film grown on Si substrates. As a result, it has been found that the ferroelectric domain structure changes depending on the in-plane orientation in a film having a tetragonal structure having a Zr/(Zr+Ti) ratio of about 0.5 or less. Although the piezoelectric characteristics are maximized in the vicinity of Zr/(Zr+ Ti)= 0.5 irrespective of the in-plane orientation, it is revealed that the epitaxial film shows larger piezoelectric characteristics.

We succeeded in fabricating (001)_c-oriented NBT-BT thin film with various crystal strains on (001)_cLNO/Ir/Si substrate by controlling conditions of RF sputtering. As a result, it is reported that the NBT-BT thin film with out-of-plane and in-plane lattice constant ratio of 1.001 by strain control realizes piezoelectric characteristics and Curie temperature which are almost same to those of mass-produced PZT thin film on Si substrate.

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).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).