

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電界誘起分極再配向を用いた誘電体膜の誘電・圧電特性の向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	中島光雅
Author(English)	Mitsumasa Nakajima
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9829号, 授与年月日:2015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,北本 仁孝,東 正樹,山田 智明
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9829号, Conferred date:2015/3/26, 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

論文要旨

THESIS SUMMARY

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

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「電界誘起分極再配向を用いた誘電体膜の誘電・圧電特性の向上に関する研究」と題され、全 7 章から構成されている。

第一章「序論」では、背景として誘電体薄膜研究の進展及び分極と誘電特性の相関について述べた後に、既往の誘電体薄膜の問題について記述している。また、その問題を解決する手法として分極再配向の効果の理解及び制御が重要であることを述べ、本研究の目的と意義について説明した。

第二章「 $\text{Pb}(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$ 膜における強誘電体ドメインの電界応答が電気特性、電気機械特性に及ぼす影響」では、ドメイン構造制御による特性向上の足掛かりとして、正方晶系(100/(001)配向 PZT 強誘電体膜のドメイン構造を例にとり、その電気特性の相関について理論と実験の両側面から検討した。その結果、バッファ層を堆積した(100)Si 基板上に成長した c ドメイン体積分率 V_c が 30%程度の PZT 膜(以下 PZT//Si)において、 P - E 特性に特異な二段飽和が現れ、残留分極の値が理論値以上になることが分かった。また、この二段飽和後に圧電特性が劇的に向上し、単結晶膜のおよそ 3 倍にあたる圧電定数 $d_{33}=310 \text{ pm/V}$ が得られたことを見出した。顕微ラマン分光法による、局所的なドメイン構造の解析から特異な二段飽和は電界印加時に V_c が向上していることによって説明できることを明らかにした。

第三章「ドメイン体積分率を制御した $\text{Pb}(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$ 膜における圧電特性の起源」では、第二章において観測された大きな圧電特性の起源について、電界下の構造解析を通じて解析を行っている。電界印加前後の解析の結果、電界印加に伴ってドメイン構造が微細化し、ドメインウォールモーションの寄与が増大することが巨大な圧電特性の起源であることを見出した。さらに、何故このような現象が起こるのかについて現象を矛盾なく説明できるモデルを構築し、基板からの熱歪みの制御が重要であることを明らかにした。

第四章「ドメイン構造制御による巨大圧電メカニズムの多結晶膜への展開と正方晶性制御による特性向上」では、第三章で得られたメカニズムが一軸配向した多結晶膜にも適応できるかについて検討した。加えて、ドメインウォールモーションの寄与を向上させるパラメータである結晶の正方晶性を変化させることで、より高い圧電特性の更なる向上について検討した。その結果、MOCVD 法及び CSD 法で作製した両方の PZT 膜において、基板の熱膨張係数を選択することで、前章までに観測されたような V_c の不可逆な変化に基づく残留分極の二段飽和現象が観測された。また、残留分極の二段飽和現象の後には大きな圧電性が観測されることを見出した。加えて、正方晶性を制御することで、圧電定数が上昇し最大で $d_{33} = 400 \text{ pm/V}$ の圧電性が得られることを見出した。

第五章「無秩序構造を有する $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ における分極の電界応答が誘電特性に及ぼす影響」では、Site-Disordering による無秩序構造を有する BZN 薄膜をエピタキシャル成長させ、無秩序構造が作る分極と誘電特性の相関について理論、実験の両側面から調査した。その結果、BZN のチューナブル特性の起源は配向分極とイオン分極の両方を加味することで説明可能であることを明らかにした。また、その誘電特性が $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ をはじめとした従来の強誘電体基材料とは異なり、温度に対して安定であることを示している。

第六章「無秩序構造を有する $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 薄膜における誘電特性の歪み及び組成依存性」では、BZN 薄膜において、温度や歪みに対する誘電特性の安定性や低誘電率と高チューナビリティの両立などが得られるかについて検討した。その結果、異なる熱歪みを有する BZN 膜においても特性がほぼ変わらないことを明らかにし、温度のみならず歪に対しても誘電特性が安定であることを見出した。また、組成を変化させることで BZN 薄膜の誘電率を大きく変化せることに成功し、誘電率に対するチューナブル特性の依存性が強誘電体基の材料に比べて小さいことも見出している。以上から、BZN 薄膜における無秩序分極に着目することで、温度や歪に対する安定性や低誘電率での高いチューナブル特性など従来材料では得難い物性が発現することを明らかにした。

第七章「総括と今後の課題」では、本研究で得られた結果を総括し、今後の課題・展望について述べた。

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).

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	中島 光雅		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)

This thesis entitled ‘A study on enhancement of dielectric and piezoelectric properties in dielectric films by using electrically induced polarization reorientation’ was written in Japanese and composed of 7 chapters.

First of all, after the explanation of the importance of polarization reorientation to dielectric and piezoelectric properties in dielectric films, the objective of this thesis was described in chapter 1.

In chapter 2, the effect of the ferroelectric non-180° domain reorientation on piezoelectric response was investigated. As a result, a large piezoelectric coefficient of 310 pm/V was observed in epitaxial Pb(Ti,Zr)O₃ (PZT) films on silicon substrates with low *c*-domain volume fraction, which is about 2.9 times larger than single crystalline films.

The origin of the observed large piezoelectric response was analyzed in chapter 3. Combinational analysis of in-situ Raman and piezoelectric force microscopy found that observed large piezoelectric response was explained by motion of dense non-180° domain walls in the PZT films.

In chapter 4, the applicability of observed mechanism on polycrystalline PZT films was investigated. As a result, the large piezoresponse was observed even in polycrystalline PZT films fabricated by both CSD and MOCVD method. Addition to this, It was found that this mechanism was also applicable to films with larger content of Zr, which lead much higher piezoelectric coefficient of ~400 pm/V.

In chapter 5, the origin of dielectric properties for Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O₇ (BZN) was investigated to clarify the effect of disordered dipole reorientation. The detailed analysis using epitaxial films grown on pyrochlore conductive layer found that the dielectric tunability originates from the disordering of the O'-A-O' network.

In chapter 6, the effects of strain and composition on dielectric property of BZN films were investigated. It was found that dielectric tunability of BZN films is highly stable against films strain. In addition, large dielectric tunability is obtained even in the films with low dielectric constant. These unique features are not available conventional ferroelectric-based films.

Finally, the conclusions and future works are described in chapter 7.

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).