

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)	要約
Type(English)	Outline

## 博士論文の要約

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ている。

第二章「Pb(Ti,Zr)O<sub>3</sub>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ている。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<sub>c</sub>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ている。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<sub>33</sub>=310 pm/V が得られたことを見出している。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<sub>c</sub>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ている。

第三章「ドメイン体積分率を制御したPb(Ti,Zr)O<sub>3</sub>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ている。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ている。

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ている。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ている。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<sub>c</sub>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ている。また、正方晶性を制御することで、圧電定数が上昇し最大でd<sub>33</sub> = 400 pm/Vの圧電性が得られることを見出している。

第五章「無秩序構造を有するBi<sub>1.5</sub>Zn<sub>1.0</sub>Nb<sub>1.5</sub>O<sub>7</sub>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(Ba,Sr)TiO<sub>3</sub>(BST)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Bi<sub>1.5</sub>Zn<sub>1.0</sub>Nb<sub>1.5</sub>O<sub>7</sub>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ている。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ている。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させることに成功し、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ている。

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。