

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		中島 光雅	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	舟窪 浩		教授		東 正樹	教授
	審査員	吉本 護		教授	審査員	山田 智明	准教授
		細田 秀樹		教授			
		北本 仁孝		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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「 $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 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 $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 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、パッファ層を堆積した(100)Si基板上に成長した(001)配向体積分率である V_c が約30%の $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 膜において、分極―電界特性に特異な二段飽和が現れ、残留分極値が理論予測値より大きくなることを明らかにしている。また、この二段飽和後に圧電特性が大きく向上し、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、この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ている。

第三章「ドメイン体積分率を制御した $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 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行っている。その結果、電界印加に伴ってドメイン構造が微細化し、ドメインウォールの移動の寄与が増大することが大きな圧電特性の起源であることを見出している。さらに、得られた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、結晶の正方晶性制御による更なる圧電特性の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 $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 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を観測している。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。更に、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ている。

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 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 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ている。その結果、 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 膜の電界による誘電率の変化（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ている。また、その誘電特性が $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ 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、 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 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 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 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 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 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、 $\text{Bi}_{1.5}\text{Zn}_{1.0}\text{Nb}_{1.5}\text{O}_7$ 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・展望について述べている。以上より、本論文は電界誘起による分極再配向を用いて誘電体膜の誘電性および圧電特性を向上させる方法を見出しており工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。