



Title	Structural and Ferroelectric Properties of Bismuth Ferrite Thin Films and Their Stress Effects
Author(s)	中嶋, 誠二
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49611
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【124】

氏 名	中 嶋 誠 二
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 23015 号
学 位 授 与 年 月 日	平成21年3月24日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学 位 論 文 名	Structural and Ferroelectric Properties of Bismuth Ferrite Thin Films and Their Stress Effects (ビスマスフェライト薄膜の結晶構造と強誘電特性およびその応力効果に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 奥山 雅則 (副査) 教 授 糸崎 秀夫 教 授 岡本 博明

論 文 内 容 の 要 旨

マルチフェロイック材料は強誘電性、(反)強磁性、強弾性を併せ持つ材料であり、それらの交差相関が期待されることからこれまでにない新デバイスの創出に向けて盛んに研究されている。その中でもビスマスフェライト (BiFeO₃:BF0) は多結晶薄膜において152 μC/cm²という巨大分極を示すことで注目されている。またBF0はこの良好な強誘電性に加えて鉛フリーであることから、これまで強誘電体材料として広く使われてきたチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)に代わる環境負荷の少ない材料としても非常に注目されており、物性の解明が急務である。一般に薄膜では基板から受ける応力の影響によりバルクとは異なった特性を示すことが知られているが、

このBF0薄膜において応力と歪という観点からの系統的な研究はない。

本論文では多結晶BF0薄膜のもつ応力を、メンブレン構造基板を用いて緩和し、その微視的な結晶構造の変化と強誘電性に与える影響を調べた。その結果応力下では多結晶薄膜中に混在する各配向結晶粒の構造は異なり、応力を緩和することでバルクの結晶構造に近づくことを明らかにした。また強誘電性の向上も観察され、それが応力緩和による結晶構造変形によるものであることが第一原理計算により確認できた。また、電界印加によっても結晶構造が歪み、その歪量を電界印加下における時分割X線回折を用いたその場観察によって測定することに成功した。さらにエピタキシャルBF0薄膜の特性評価も行い、LaドーブSrTiO₃(111)単結晶基板上に直接成長させたBF0薄膜は80 Kにおいて角型比の良い好なヒステリシスを示し、149 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ という大きな残留分極を示すことを明らかにした。さらに、このBF0層をBi層状強誘電体に挿入したBi層状マルチフェロイック薄膜およびそれらを用いた自然超格子薄膜の作製を試みた。その結果、擬似BF0層を挿入した薄膜は強誘電性の向上が確認でき、Bi層状構造および自然超格子構造は新規材料探索に有効であることを示した。

論文審査の結果の要旨

マルチフェロイクス材料は強誘電性、強磁性、強弾性等の効果を併せ持つ物質であり、なかでもBiFeO₃は強誘電性と強磁性を有し、薄膜において巨大な自発分極が発見されたことから、物性解明ならびにデバイス応用の期待から大きな注目が集まっている。

申請者は、この巨大誘電分極発現の機構を解明するため、BiFeO₃薄膜を種々の基板上に作製し、その基礎特性ならびにその応力効果を調べた。まず、15 μm 厚のSiメンブレン基板上にBiFeO₃薄膜をレーザーアブレーション法によって成長させ、(001)と(110)配向グレインの結晶変形をX線回折により詳細に調べ、Si厚板上のBiFeO₃薄膜に生じていた大きな引っ張り応力が緩和され、残留分極も増加することを示した。さらに、メンブレンに圧力を印加して格子変形と残留分極の増加を確認した。これらの変形による残留分極の増加が従来の理論解析の報告と一致しないことから、結晶変形に対応した構造を用いて第1原理解析を行い分極方向が格子変形により大きく変化し、分極の理論値は実験値を説明できることを示した。また、LaドーブSrTiO₃単結晶基板上にBiFeO₃薄膜をエピタキシャル成長させ、特に(111)基板上には角型比の良い分極ヒステリシスを得ることに成功し、BiFeO₃薄膜の優れた強誘電性を改めて証明した。さらに、高輝度放射光施設の高強度微細X線ビームを用いて格子定数が電界により変化することを初めて観測することに成功した。また、更なる強誘電性の改良を目指して、BiFeO₃と層状構造強誘電体との組み合わせにより、Bi₅Ti₃FeO₁₅薄膜やBi₄Ti₃FeO₁₂-Bi₅Ti₃FeO₃超格子薄膜を作製し、(110)LaドーブSrTiO₃単結晶基板上で室温において大きな残留分極を得ることができた。

以上述べたように、本論文はBiFeO₃薄膜を成長し結晶構造を精密に評価し、巨大分極発現の機構の解明のために重要な結果を得ており、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。