

審査の結果の要旨

氏名 金井俊光

本論文は、「新規強誘電・強磁性体の作製とその磁気および非線形光学効果に関する研究」と題し、 $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 固溶体の作製とその光学的機能性について研究したものであり、5章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と戦略について述べられている。強誘電・強磁性体では電気分極と磁化との相互作用により、発生する第2高調波の強度や偏光面の回転角を外部磁場で制御できる、磁化誘起第2高調波発生(MSHG)が期待できることが述べられている。また、光学特性を付加した強誘電・強磁性体を得るための検討がなされ、 $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 固溶系が適していることが述べられている。

第2章では、固相反応法を用いた $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 焼結体の作製と、その結晶構造、誘電特性、磁気特性について述べられている。作製した焼結体はXRD測定より全組成域でペロブスカイト単相を形成し、 $0.10 \leq x \leq 1.0$ の広い組成範囲において巨視的には光学等方体である立方晶系を形成することが示されている。また、この組成範囲において室温で強誘電性を示すことが明らかにされている。さらに $0.10 \leq x \leq 0.45$ では、室温で強磁性も示し、強誘電・強磁性体となることが示されている。発現した強誘電性については、XRD測定では立方晶に帰属されたものの、ラマンスペクトルにおいて菱面体晶に基づくピークが観測されたことから、菱面体晶の極性クラスターに起因することが述べられており、強誘電転移温度付近における誘電率のブロードなピークと周波数分散から、リラクサー強誘電体であることが明らかにされている。また、発現した強磁性については、磁化曲線から弱強磁性に起因することが述べられており、弱強磁性の発現機構として、(i)金属置換の選択性、(ii)キャント磁性、(iii)構造歪みによるランダムスピン配向、(iv)反強磁性体ドメインウォールのピニングなどの可能性が説明されている。

第3章では、光学測定が可能となる $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 透明薄膜の熱分解法による作製と、その諸物性について検討がなされている。薄膜では、 $0 \leq x \leq 0.10$ の組成

範囲でペロブスカイト単相が得られ、 $x = 0, 0.02, 0.05$ では菱面体晶のペロブスカイト構造を、 $x = 0.10$ では巨視的には立方晶のペロブスカイト構造をそれぞれ形成することが示されている。強誘電ヒステリシスループは $x = 0.10$ のみみられ、また磁気ヒステリシスループは PLZT が固溶している $x = 0.02, 0.05, 0.10$ でみられることが示されており、薄膜においても焼結体と同等な強誘電性や強磁性を示すことが確認されている。膜厚約 300 nm の薄膜において、600 nm 以上の波長に対して 50 % 以上の透過率を示し、その結果、透過光での磁気光学効果(ファラデー楕円率、ファラデー回転)や第 2 高調波発生 (SHG) が観測され、薄膜化することで、光学特性を付加した強誘電・強磁性体が得られたことが述べられている。

第 4 章では、 $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 強誘電・強磁性体透明薄膜の新しい光学的機能性としての磁化誘起第 2 高調波発生 (MSHG) について検討がなされている。 $x = 0.05, 0.10$ の薄膜では S 偏光入射、外部磁場 ± 1 T 印加で $\pm 1.6^\circ, \pm 1.0^\circ$ 、SHG 偏光面がそれぞれ回転することが示されている。また、SHG 偏光面の回転について、スピンの対称性を考慮した非線形感受率テンソルのテンソル成分を検討することで説明されている。

第 5 章は結論である。本論文では、 $(\text{PLZT})_x(\text{BiFeO}_3)_{1-x}$ 新規強誘電・強磁性体において、電気分極と磁化が相互作用することで生じる MSHG の観測に成功し、SHG 強度や偏光面の回転角を外部磁場で制御できることを明らかにしている。強誘電・強磁性体では、電場と磁場両方で SHG 制御が可能であり、また残留分極、残留磁化が存在するので、電場や磁場を切った後でもこれらの効果が維持できる利点があり、様々な光導波路用素子や光メモリーなどへの応用が期待できることが述べられている。また、学術的にも電子のもつスピンと電荷の相互作用により生じる新しい効果の発現や、強誘電性、強磁性両ドメイン構造に関する今後の研究なども興味深く、応用、基礎いずれの見地からもこれらの分野の発展に大きく寄与するものと認められ、高く評価できる。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。