



Title	Optical magnetic field sensor using rare-earth iron garnet films
Author(s)	伊藤, 伸器
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42825
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	伊 藤 伸 器
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 8 0 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 12 年 12 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Optical magnetic field sensor using rare-earth iron garnet films (希土類鉄ガーネット膜を用いた光磁界センサ)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 那 須 三 郎 (副査) 教 授 張 紀 久 夫 教 授 伊 藤 正

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、Bi 置換希土類ガーネット (BiRIG) 結晶のファラデー効果を応用した光学式電流センサ (光電流センサ) の研究について述べている。本研究により、従来になかった横幅 5 mm と非常に小型で高精度な光学式磁界センサ (光磁界センサ) プローブが実現された。

第 1 章では、本研究の背景と目的について述べた。近年、特に電力分野では、従来の電気式変流器に置き換えられる光変流器 (光 CT) の研究開発が盛んであり、小型で計測精度が高い光電流センサが望まれている。これまで計測器として使用するのに十分な測定精度を有する小型な光磁界センサが実現されていなかった。本研究の目的は、小型で、かつ測定精度が高い光 CT を実現することであった。

第 2 章では、光電流センサについて、ファラデー素子とそれを用いた光電流センサの基礎について記述した。また、研究開発の指針となるセンサに要求される基礎特性について明確にした。第 3 章では、希土類鉄ガーネット結晶について、その基礎と結晶成長方法、特性評価の方法について述べた。特に、良質な結晶を作製するための R パラメータの決定方法について詳しく述べた。

第 4 章では、希土類鉄ガーネット結晶を用いた光磁界センサについて、その評価方法と温度特性、直線性について議論した。特に、ファラデー素子の感度とその温度特性について詳しく報告した。液相エピタキシャル成長法を用いて、数種類の $(\text{BiGdLaY})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 結晶を作製し、感度の温度特性を測定した。その結果、 -50°C から $+100^\circ\text{C}$ の温度範囲で感度の変化率が 1.0% 以下であり、感度が $11.0\text{deg}/\text{Oe} \cdot \text{cm}$ と高感度な新規組成 $(\text{Bi}_{1.3}\text{Gd}_{0.1}\text{La}_{0.1}\text{Y}_{1.5}\text{Fe}_{4.4}\text{Ga}_{0.6}\text{O}_{12})$ を見出した。さらに、光磁界センサの直線性を改良する方法について述べた。従来のコリメート光学系で構成された光磁界センサは、BiRIG 結晶のメイズ磁区による光の回折が原因となって、直線性が悪化することを解明した。そこで、回折光を高次まで受光するために、新たに球レンズを用いた集光光学系による光磁界センサを考案した。その結果、飽和磁界までの磁界範囲で比誤差が $\pm 1.0\%$ 以下に低減され、直線性が大きく改良された。

第 5 章では、新たにドラム形状の球レンズを内蔵したホルダーを試作して光学系を工夫し、横幅 5 mm の小型な光磁界センサプローブを実現した。また、その光磁界センサの高精度化の方法と高周波応答性の測定結果についても詳述した。第 6 章では、開発した光磁界センサを用いて実現した光 CT の応用について述べた。特に、実用化された配電線モニタリングセンサや各種の光 CT について説明した。結果として、1.0 級レベルの光 CT を実現することができた。最後に、第 7 章において結論として研究成果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、Bi 置換希土類ガーネット (BiRIG) 結晶のファラデー効果を応用した、小型かつ軽量で、計測精度の高い、光磁界センサの開発を行い、得られた成果をまとめたものである。結果として、最適組成の希土類鉄ガーネット結晶を実験的に見だし、それをファラデー素子として用い、さらに光学系を工夫することによって、横幅 5 mm の小型光磁界センサプローブを実現している。

ファラデー素子には種々の材料があるが、反磁性体や希薄磁性半導体のファラデー素子と比較して、希土類鉄ガーネット結晶は単位長さ当たりの感度が高く、センシングヘッドを小型化できる利点を有している。その材料組成を検討して高感度で温度特性の優れた Bi 置換希土類鉄ガーネット結晶を開発している。液相エピタキシャル成長法を用いて、数種類の $(\text{BiGdLaY})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ 結晶を作製し、感度の温度測定から、感度が $11.0 \text{ deg/Oe} \cdot \text{cm}$ の高感度な新規組成 $(\text{Bi}_{1.3}\text{Gd}_{0.1}\text{La}_{0.2}\text{Y}_{1.5}\text{Fe}_{4.4}\text{Ga}_{0.6}\text{O}_{12})$ を見いだしている。さらに、光磁界センサの直線性の悪化は Bi 置換希土類鉄ガーネット膜のメイズ磁区による光の回折が原因であることを明らかにし、球レンズを用いた集光光学系を採用して高次までの回折光を受光することによって、比誤差 $\pm 1.0\%$ 以下の直線性を実現している。また、センサの高精度化、高周波応答性についても明らかにしている。

以上のように、本論文は、Bi 置換希土類鉄ガーネット膜をファラデー素子とした、従来にない、小型で高精度な光磁界センサを開発し、最適組成の結晶膜の作製や、回折光を高次まで受光するための集光光学系の考案など、多くの成果を挙げ世界最小の光磁界センサを実現した成果をまとめたものであり、博士 (工学) として価値のあるものと認める。