

Title	Ce置換YIG磁気光学導波路と導波型光アイソレータへの応用に関する研究
Author(s)	新宅, 敏宏
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3144237
DOI	10.11501/3144237
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	新 宅 敏 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 14005 号
学位授与年月日	平成10年3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	Ce置換YIG磁気光学導波路と導波型光アイソレータへの応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 山本 錠彦 (副査) 教授 小林 哲郎 教授 岡村 康行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文の目的は光通信システムにおける重要な部品である光アイソレータのモノリシック集積化を実現することにある。そのために、新しい導波型光アイソレータを提案し、動作実験を行った。以下に要旨を述べる。

- ・導波型光アイソレータを作製するために、磁気光学効果が大きく損失が小さい磁気光学材料が必要となる。そのため、短波長で大きな磁気光学効果を持つことが知られている Ce置換 YIG 磁気光学膜に着目し、光通信用（長波長用）に検討を行った。特に問題となる損失の低減化を目指して、形成条件の最適化を行った。その結果、大きな磁気光学効果とともに損失の大幅な低減が図れ、導波型光アイソレータへ適用できる見通しが得られた。
- ・Ce置換 YIG 磁気光学膜の導波路化の検討を行った。そのため、新たに BCl_3 ガスを用いた反応性イオンエッチング法を検討し、これまで困難であった磁気光学膜の高精度で再現性の良い加工を可能とした。Ce置換 YIG 磁気光学導波路を作製し、導波路での大きな磁気光学効果（これまで報告された最大の非相反移相量 21.1rad/cm ）を得た。
- ・非相反高次導波モード変換を用いたシンプルなチャネル構造の新しい導波型光アイソレータを提案し、Ce置換 YIG 磁気光学導波路を用いて動作実験を行った。その結果、アイソレータ動作を実証し、これまで報告されたモノリシック導波型光アイソレータの中で最高のアイソレーション 24dB を得た。
- ・非相反放射モード変換を用いたシンプルなチャネル構造の新しい導波型光アイソレータを提案し、同じく素子を作製して動作実験を行った。その結果、アイソレータ動作を実証し、アイソレーション 22dB で広帯域特性（印加磁界方向の調整によりアイソレーション 20dB の帯域 20nm ）を得た。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

微細な光導波路を利用して各種の機能を有する光デバイスを一枚の基板上に集積化する光集積回路（光 IC）の技術は、将来の光通信、光応用計測や光情報処理システムにおける重要なハードウェア技術として注目を集めている。そして、この目的のために多くの導波型光デバイスの開発が試みられている。なかでも、磁気光学効果を利用したアイソレータ（単向素子）は、光波を一方向にのみ伝送する特性を有し、例えば前記の光応用システムにおいて、光源（半導体レーザー）への不要な戻り光を阻止するなど、システムの動作安定をはかる上で重要なデバイスである。本論

文は、導波型光アイソレータ構成の基礎となる磁気光学チャネル導波路の作成技術と、これを基にした新たな動作原理による2種類のアイソレータの提案、およびそれらの実証を行った研究の成果をまとめたものである。

ここではまず、磁気光学材料としてこれまでに報告されているものの中で最も磁気光学効果が大きく、光磁気メモリへの応用が注目されているCe置換YIG ($\text{Ce}_x \text{Y}_{3-x} \text{Fe}_5 \text{O}_{12}$) を光導波路へ初めて適用し、従来の液相エピタキシャル法に変えて、高周波スパッタ法による薄膜結晶成長の検討を行っている。そして、スパッタ雰囲気ガス、熱処理温度・時間、および基板材料の最適化を、磁気光学効果（ファラデー回転）と伝送損失の観点からはかり、基板としてGSGG ($\text{Gd}_3 \text{Sc}_2 \text{Ga}_3 \text{O}_{12}$) を採用し、光ファイバ応用システムにおける重要な波長域である $1.55 \mu\text{m}$ 帯において伝送損失 $0.6 \text{dB}/\text{mm}$ と、磁気光学導波路としては低損失な導波路を得ている。さらに、デバイス構成に際して重要な光導波路のチャネル化についての検討をCe置換YIG薄膜に対して行い、 BCl_3 ガスを用いた反応性イオンエッチングが導波路構造の加工制御性の面で優れていることを見出し、磁気光学チャネル導波路の作成技術の確立をはかっている。

次にデバイス応用として、基本導波モードと高次導波モードとの結合を利用したアイソレータを提案し、その動作を試作実験によって確かめている。ここで採用したリブ型導波路の作成においては薄膜厚さおよびリブ高さの精密な調整が要求されるが、さきに検討した薄膜作成法、加工法を用いてこれらを解決し、素子長 3mm の小型なデバイスを実現している。そして、 $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯においてアイソレーション（順逆方向比） 24dB と、これまでに報告されている導波型光アイソレータとしては最も大きな値を得ている。さらに、これとは別のタイプのデバイスとして、偏波面の回転を伴う導波-放射モード変換現象を利用したアイソレータの提案とその動作を確認するための実験を行っている。なお、この場合アイソレーションは 22dB （素子長 4mm ）と、高次導波モード変換型に比べてやや小さいが、放射モードがデバイスの動作に関係しているために、波長帯域特性が優れていることを示している。

以上のように、本論文は新しい材料を用いた磁気光学チャネル導波路の作成に関して多くの有用な知見を与え、さらにこれを利用した導波型光アイソレータの実用化に向けての重要な指針を示しており、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。