

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	シリコンリング共振器を用いた導波路磁気光学メモリに関する研究
Title(English)	Study of Waveguide Magneto-optical Memory with Silicon Microring Resonator
著者(和文)	村井俊哉
Author(English)	Toshiya Murai
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11753号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:庄司 雄哉,水本 哲弥,中川 茂樹,植之原 裕行,西山 伸彦,ファム ナムハイ,清水 大雅
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11753号, Conferred date:2022/3/26, 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		村井 俊哉	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	庄司 雄哉	准教授	審査員	Pham Nam Hai	准教授	
	審査員	中川 茂樹	教授		水本 哲弥	教授(理事・ 副学長)	
		植之原 裕行	教授		清水 大雅	准教授	
		西山 伸彦	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Study of Waveguide Magneto-optical Memory with Silicon Microring Resonator”と題し、英文6章から構成されている。

第1章“Introduction”では、研究背景としてシリコンフォトニクスや磁気光学デバイスのこれまでの研究や最新動向を紹介し、本研究ではリング共振器を用いた磁気光学メモリの実現を目的とすることを述べている。他の光メモリと特徴を比較し、本研究の磁気光学メモリの優位性を明らかにしている。

第2章“Theory of Magneto-optics”では、磁気光学効果の基礎理論を概説し、本研究の光メモリの再生動作に利用する磁気光学移相効果の解析と設計手法を明らかにしている。

第3章“Design of Waveguide Magneto-optical Memory”では、まずリング共振器の設計手法について説明している。次に、本研究で検討する磁気光学光メモリの構造と動作原理を述べ、磁気光学移相効果およびリング共振器の設計から予測されるデバイス特性を数値計算により明らかにしている。本研究では、再生層として大きな磁気光学係数を有する Ce:YIG を利用し、記録層に軟磁性体である CoFeB、導波路にはシリコンを利用する。試作の上では、ガーネット基板上に単結晶成長した Ce:YIG をベースとした導波路構造を用いて設計を行っている。

第4章“Reading Operation for Waveguide Magneto-optical Memory”では、磁気光学メモリの再生動作の実証に向けた検討を行っている。まず Ce:YIG 上に堆積した水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) を導波路とする構造の作製と評価を行い、中間層を含めてより低損失な光伝搬と大きな磁気光学移相効果が得られる構造を明らかにしている。次に、電流により発生する磁界を利用して Ce:YIG 再生層の磁化を直接制御し光信号を再生するデバイスを作製している。電流により同時に発生する発熱を考慮した広帯域な動作特性や、アドドロップ構成での光スイッチング特性を実証している。次に、CoFeB 記録層を導波路上層に装荷し、そこにメモリされた残留磁化によってリング共振器の光伝搬特性を制御する再生動作の実証を行っている。測定では 21dB の高い消光比と、電流パルスによる動的な磁化書換に対応した光出力の不揮発動作に成功している。

第5章“Writing Operation for Waveguide Magneto-optical Memory”では、磁気光学メモリの記録動作の実証に向けた検討を行っている。まず、リング共振器上に装荷した金属層を用いて光熱変換の効率を検証している。熱伝導解析による設計の最適化を行い、光入力 6.8mW において 300K 以上の温度上昇を実験的に確認している。同時に金属層を装荷しない場合における非線形光学効果との比較も行い、金属層を用いた方が局所的に効率的な加熱が可能であることを明らかにしている。次に、CoFeB 記録層をシリコン導波路上に装荷し、外部磁場を印加することで光熱変換による発熱と磁化状態の変化を MOKE 顕微鏡により観測し、温度上昇による保磁力の低下を確認している。さらに、外部磁場を固定した状態で光パルスの入力の有無による磁化反転に成功し、磁気光学メモリの記録動作を実証している。

第6章“Conclusions and Future Perspective”では、本研究で得られた成果を総括し、再生動作と記録動作を両立するための課題とその解決策について述べている。さらに、実用化に適した磁気光学メモリの実現に向けて、シリコン基板上に集積する手法などを提案し、将来展望を述べている。

本論文では、世界で初めて光導波路を用いた磁気光学メモリの検討を行い、再生動作と記録動作それぞれを実験的に明らかにしたものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認める。

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。