

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)	要約
Type(English)	Outline

論文の要約

東京工業大学 電気電子系 電気電子コース 村井俊哉

論文題目 Thesis Title	Study of Waveguide Magneto-optical Memory with Silicon Microring Resonator (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)
----------------------	--

本論文は、「Study of Waveguide Magneto-optical Memory with Silicon Microring Resonator (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)」と題し、英文 5 章から構成される。 第 1 章「Introduction (序論)」では、本論文の研究背景を概観し、研究目的と構成を述べている。近年、CMOS プロセスを用いてシリコン上に光集積回路を形成するシリコンフォトリソグラフィの様々な分野への応用が注目を集めている。そのため、多種多様の機能をもつ光集積回路が要求される。そして、シリコンだけでは光回路に付与できる機能に限界があることから異種材料集積技術を利用した研究開発が盛んになっている。しかし、将来の光集積回路において重要な役割を担うデバイスである光メモリは未だに実用化には至っていない。そこで本論文では、異種材料として磁気光学材料に注目した新しいタイプの光メモリを提案する。 第 2 章「Design of Waveguide Magneto-optical Memory (導波路型磁気光学メモリの設計)」では、提案する磁気光学メモリの設計についてまとめている。まず磁気光学クラッドを有する導波路における磁気光学移相効果に関する理論解析を行った。続いて、提案した磁気光学メモリを構成する重要な要素のひとつであるリング共振器の特性について議論した。続いて、磁気光学メモリの構造及び動作原理を記した。提案するメモリはリング共振器と磁気光学層により構成され、磁気光学層は再生層、記録層から成る。本デバイスは、記録層の磁化方向に対応させて光情報を保持し、磁気光学位相シフトとリング共振器の共振状態の変化を利用して情報を再生する。光情報の記録には、光導波路を介した光熱磁気記録を用いる。記録層の磁気記録媒体の磁気不揮発性により、定常的な電力供給不要でメモリ状態を保持可能であり、磁性メモリの強みである非常に大きな書き換え可能回数を持つ点が提案するメモリの重要な特徴である。最後に、磁気光学メモリの設計及び特性解析を行った。

メモリの特性は、光システムの要求によって決まり、MO 層の磁化特性の改善に伴い大きく性能向上できることを示した。

第3章「Reading Operation for Waveguide Magneto-optical Memory (導波路型磁気光学メモリの再生動作に関する検討)」では、導波路型磁気光学メモリの再生動作実現に向けて行った実験結果についてまとめている。まず、再生動作を実現するためのプラットフォームとして、磁気光学材料 Ce:YIG 上に水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)導波路を形成する構造を提案し、その設計を行った。続いて、Ce:YIG/a-Si:H 導波路を用いた2種類のリング共振器を作製しその特性を評価した。一つ目のリング共振器は記録層を持たず再生層のみを有する。集積した電磁コイルから発生する外部磁界により再生層 Ce:YIG の磁化を動的に制御し、直接磁化反転させることで、磁気光学移相効果によるリング共振器の光出力強度の変化を観測した。二つ目のリング共振器は記録層と再生層の双方を有する。外部磁界により薄膜磁石の記録層の磁化を反転させることで、残留磁化を用いた磁気光学移相効果によるリング共振器の光出力強度の変化を観測した。さらに、記録層の残留磁化により定常的な電流印加無しで出力状態が保持できることを確認し、不揮発動作を実証した。上記の検討から、メモリの再生動作の実証に成功した。

第4章「Writing Operation for Waveguide Magneto-optical Memory (導波路型磁気光学メモリの記録動作に関する検討)」では、導波路型磁気光学メモリの記録動作実現に向けて行った二つの実験結果についてまとめている。一つ目の実験では、導波路上の金属発熱層によるエバネッセント場を介した光吸収に基づく発熱である光熱変化を解析するために金属発熱層を有する Si リング共振器を作製し、光入力パワーを変化させながら共振特性を測定した。その結果を詳細に分析することで、光熱磁気記録に要求される金属発熱層の昇温(200~300 K 程度)を実現し、効率的な金属層の発熱層を実現するリング共振器の設計手法を確立した。二つ目の実験では、光導波路を伝搬する光を介した記録層の光熱磁気記録の実証するために、薄膜磁石の記録層を装荷した Si 導波路サンプルを作製した。80Oe の磁界印加時、12.5mW の光を Si 導波路に入力することで、MOKE 顕微鏡での観察により記録層の磁化反転を確認した。この結果により Si 導波路を介したエバネッセント場による光熱変換に基づく記録層の光熱磁気記録を世界に先駆けて実証した。上記の検討から、メモリの記録動作の実証に成功した。

第5章「Conclusions and Future Perspectives (結論及び将来の展望)」では、本論文で得られた結果を総括し、研究の将来の課題と展望を述べている。将来展望として、記録と再生動作を両立したメモリ構造の検討、SOI 基板上に形成された導波路型磁気光学メモリの構成、そして全光磁気記録を用いたメモリの提案を行った。

以上を要約すると、導波路型磁気光学メモリを実現するために再生動作と記録動作を個別に検証し、それらの実証に成功した。そして、双方の成果からリング共振器と光熱磁気記録を用いた導波路型磁気光学メモリが実現可能であることを明らかにした。