T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	自己保持型磁気光学スイッチの低エネルギー化に関する研究
Title(English)	Study on low energy driving of self-holding magneto-optic switch
著者(和文)	矢島駿
Author(English)	Shun Yajima
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第277号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:庄司 雄哉,中川 茂,西山 伸彦,宮本 智之,雨宮 智宏,清水 大雅
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第277号, Conferred date:2025/3/26, 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

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（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		矢島　駿	
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	雨宮　智宏	准教授
	審査員	中川　茂	教授		清水　大雅	東京農工大 教授
		西山　伸彦	教授			
		宮本　智之	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は“Study on low energy driving of self-holding magneto-optic switch（自己保持型磁気光学スイッチの低エネルギー化に関する研究）”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異種材料集積の研究背景や最新動向を紹介し、MEMS、強誘電体、相変化材料、磁気光学材料を用いた自己保持型光スイッチについてそれぞれの長所と短所を述べ、本研究の位置づけを明らかにしている。従来研究における課題を述べ、本研究では自己保持型磁気光学スイッチの低エネルギー化の実現を目的とすることを明らかにしている。

第 2 章“Operation principle of self-holding magneto-optic switch”では、本研究の自己保持型光スイッチの動作原理を説明し、その構成要素となる磁気光学位相シフトや多モード干渉カップラの基礎理論を概説し、設計手法を明らかにしている。次に、デバイスを構成する光学材料としてセリウム置換イットリウム鉄ガーネット(Ce:YIG)、水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)、ボロン添加コバルト鉄(CoFeB)の特徴を明らかにしている。

第 3 章“Operation speed evaluation of the magneto-optic material Ce:YIG”では、磁気光学材料 Ce:YIG の動作速度の限界を調べることを目的として、高周波の電流パルスを印加するための電極設計について述べている。50Ωでインピーダンス整合したコプレーナ線路と単線 3 周線路の二通りを検討し、シミュレーションにより設計を明らかにしている。さらに、a-Si:H/Ce:YIG 導波路からなる光スイッチを試作し、磁化の変調方向と垂直に静磁界を印加することで強磁性共鳴周波数を高周波数化した測定を行い、2 GHz までの高速な光スイッチ動作が可能であることを明らかにしている。

第 4 章“Driving current reduction by improvement of magnet position”では、電流により発生する磁界と自己保持中の Ce:YIG の磁化方向を一致させる構造を提案し、少ないエネルギーでの光スイッチ駆動について検討している。まず、静磁界シミュレーションによって薄膜磁石の残留磁化が Ce:YIG を磁化するのに十分な磁界を与える構造を求め、さらに薄膜磁石の磁化反転に必要な電流を最小にする構造を明らかにしている。続いて、設計した光スイッチを試作し、電流パルスの印加後の波長シフトを測定することで薄膜磁石の磁化割合を求め、5.3 nJ という低い電流エネルギーで光スイッチ制御が可能であることを明らかにした。加えて、1.8 兆回という世界最高の自己保持スイッチング回数の実証に成功し、磁気光学スイッチの高耐久性を明らかにしている。また、周回させた電極間のギャップによる薄膜磁石の特性劣化を改善するため、ギャップを平坦化する加工プロセスを検討し、光スイッチの測定結果から磁化割合の改善を明らかにしている。

第 5 章“Application performance estimates and the future prospects of the MO switch”では、自己保持型磁気光学スイッチの応用先について周辺技術の最新動向を踏まえて考察している。量子コンピュータ用の極低温光通信、スマートグラス向けの可視光スイッチ、光コンピューティング用の行列演算器、光集積回路型の循環セールスマン問題ソルバーについて、具体的なデバイス構成を踏まえてその期待される性能と優位性を明らかにしている。また、さらなる性能向上や高集積化に向けたデバイス構成を提案し、将来展望を述べている。

第 6 章“Conclusion”では、本研究で得られた成果を総括し、本研究で得られた自己保持型磁気光学スイッチと他の材料を用いた先行研究の光スイッチとの比較について述べ、その優位性を明らかにしている。

本論文では、近年注目を集めている自己保持型光スイッチの実現に向けて、実用上重要となる低エネルギー化について動作速度や高耐久性を含めて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、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。