

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of all-optical remotely controllable silicon thermo-optic switch
著者(和文)	LIANGZhu
Author(English)	Zhu Liang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第22号, 授与年月日:2024年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:庄司 雄哉,植之原 裕行,中川 茂,西山 伸彦,雨宮 智宏,北 智洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第22号, Conferred date:2024/12/31, 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	Zhu Liang	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	庄司 雄哉	准教授	雨宮 智宏	准教授
	審査員	植之原 裕行	教授	北 智洋	早稲田大学 教授
		中川 茂	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 all-optical remotely controllable silicon thermo-optic switch”と題し、英文 5 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光スイッチのこれまでの研究や最新動向を紹介し、光アクセスネットワーク用いられている Passive Optical Network (PON) について述べている。本研究では、光制御により遠隔の光スイッチ制御が可能になるため、PON システムの大幅な性能向上が見込める光制御型の熱光学スイッチの実現を目的とすることを述べている。従来の PON システムと比較したパワーバジェットから性能向上を試算し、光スイッチ単体に求められる損失の値を明らかにしている。

第 2 章“Thermo-optic effect in silicon and light-to-heat conversion”では、まず熱光学スイッチの原理と、光信号伝搬で生じる線形吸収や非線形吸収の理論を述べている。金属ヒーターを光で加熱するための導波路構造の設計を行い、高効率の光吸収と導波路の加熱を実現する構造を明らかにしている。また、金属ヒーターを複数に分割したアレイ構造によって、冷却時間が短くなる高速動作を見出している。

第 3 章“Remotely controllable microring resonator-based thermo-optic switch”では、マイクロリング共振器 (MRR) を用いた光スイッチの試作について述べている。共振器内に配置した金属ヒーターの発熱による位相シフトによって共振波長が変化することで光スイッチとして動作する。まず、MRR の理論について、定式化を行いながら説明している。光がリング導波路を周回するため、 $5\mu\text{m}$ の短いヒーター長で、大きな光透過率変化が得られる。制御光 (Pump) に対しては吸収が大きく信号光 (Probe) に対しては吸収が小さい最適な共振器構造を設計し、デバイスを作製した。光学特性を評価し、制御光による光スイッチ動作を確認し、10Gbps の信号光に対するバーストスイッチングを実証している。

第 4 章“Remotely controllable Mach-Zehnder interferometer-based thermo-optic switch”では、マッハツェンダー干渉計 (MZI) を用いた光スイッチの試作について述べている。MZI では高い消光比の光経路選択と広帯域動作が可能になる。まず、MZI の理論について、定式化を行いながら説明している。第 3 章の実証結果を受けて金属ヒーターと導波路構造を改善し、MRR の周回構造がなくても十分な位相シフト量が得られることを明らかにしている。特に制御光と信号光が混線することなく同一の金属ヒーターで光吸収と加熱を受ける最適な構造設計を明らかにしている。実験的には、まず 1×2 ポートの光スイッチを試作し、制御光の入力で π 位相シフトが得られることを確認した。その後、 1×8 ポートの多段光スイッチを作製し、複数の制御光を入力することで多ポートの光スイッチングと広帯域な動作を実証している。

第 5 章“Conclusion”では、本研究で得られた成果を総括し、本研究で得られた光制御型熱光学スイッチの性能について述べている。さらに、開発した光スイッチの現状の問題点について述べ、光損失の改善策や動作速度の向上を提案し、将来展望を述べている。

これを要するに、本論文では、光信号による光スイッチの遠隔操作を可能にすることで、光スイッチモジュールと PON システムを大きく変革する新方式を提案しており、シリコンフォトニクスを用いた熱光学スイッチの動作を実験的に明らかにしたものであり、学術上貢献するところが大きい。よって、本論文が博士 (学術) 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。