

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	シリコン導波路波長選択スイッチに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	三浦謙悟
Author(English)	Kengo Miura
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10474号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:水本 哲弥,荒井 滋久,植之原 裕行,西山 伸彦,庄司 雄哉,山田 浩治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10474号, Conferred date:2017/3/26, 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

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	三浦謙悟	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	水本哲弥	教授	庄司雄哉	准教授
	審査員	荒井滋久	教授	山田浩治	学外審査員 (産業技術 総合研究所)
		植之原裕行	教授		
	西山伸彦	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「シリコン導波路波長選択スイッチに関する研究」と題し、和文5章で構成される。

第1章「序論」では本研究の背景を説明し、その目的および本論文の構成を述べている。まず、長距離の通信技術として開発された光ファイバ通信が、近年、短距離の通信に適用されるようになった動向を述べている。また、光通信の伝送容量を拡大するために波長分割多重(WDM)技術が有効であることを指摘し、波長チャンネルごとに経路を選択する波長選択スイッチ(WSS)がWDMネットワークを形成するキーデバイスであると述べている。そして、WSSの動作特性として、選択した波長チャンネルの経路切換が、他の波長チャンネルの経路設定に影響を及ぼさないhitless性が重要であることを指摘している。一方、光回路の小型化と高集積化に有用なシリコンフォトニクスの研究動向を説明し、シリコンフォトニクスにおけるWSSにおいて、極短距離の光通信に適した小型でhitless性を有するWSSが実現されていないことを指摘している。そこで、本研究では、極短距離のWDMネットワーク用のシリコン導波路波長選択スイッチを実現することを目的としたと述べている。

第2章「回路の線形性と波長選択スイッチ構成要素の設計」では、WSSの設計に必要な基本的な事項を述べ、設計方針を示している。すなわち、光受動回路の線形性から光回路構成要素の特性を散乱行列によって表されることを説明した後、WSSの構成要素として経路切換に用いるマツハツェンダ干渉計(MZI)型光スイッチ、及び、波長選択に用いる微小リング共振器(MRR)の性能を表すパラメータを説明している。そして、オンチップやチップ間等の極短距離のWDMネットワークを用途として想定し、WSSに求められる性能を議論している。16コアシステムのプロセッサ内における64bit×3GHz〜200Gbit/s程度の伝送に対して、Cバンド帯の波長帯域35nmを用いて8波長チャンネルを収容するWSSに要求される性能として、波長選択特性(通過帯域1.6nm, 波長クロストーク-20dB以下)、スイッチング消光比(20dB以上)、動作速度(切替時間~10μs以下)、消費電力(1波長チャンネル当たり6mW以下)、素子サイズ(10mm²以下)を明らかにしている。

第3章「リング共振器波長分波型波長選択スイッチ」では、MRRにより波長チャンネルの合分波を行い、波長チャンネルごとにMZI型光スイッチで経路選択を行うWSSを提案し、その実現を検討している。自由スペクトル領域(FSR)を33nmとして半径2.7μmのMRRを用いて製作した4波長チャンネルのWSSの特性測定結果から、必要なhitless動作のもとで、FSR33nm, 最大のスイッチング消光比15dB, スイッチ切替時間12μsが得られたと述べている。しかし、挿入損失が10dB以上と大きいことと、その原因が波長チャンネルの合波と分波に用いるMRRの共振波長が一致していないことによるものであることを明らかにしている。また、この構成で4波長チャンネルのWSSを形成した場合、素子サイズ350×400μm²程度で実現可能であると述べている。

第4章「波長選択移相型波長選択スイッチ」では、MZIの二本の干渉導波路間に、選択した波長だけに位相差を与える波長選択移相型WSSを提案し、その実現を検討している。このWSSは、MRR波長分波型WSSで解決すべき課題であった合波用と分波用のMRRの共振波長の不一致を解決するために、選択する波長チャンネルが隣接する1対のMRRのみを通過する新たな構造を提案している。MZIを構成する二本の干渉導波路間に1対のMRRを配置し、このMRRと結合する波長チャンネルのみが、前後の移相器によって導波路間の位相差を受けることで波長選択スイッチとして動作する。WSSとして要求される性能を満足するために、MZIを構成する方向性結合器及びMRRに求められる特性を明らかにした後、デバイスを製作しWSSの特性を評価している。この際、MZIを構成する方向性結合器を全ての波長チャンネルに対して等分岐動作させる必要があるため、非対称導波路を利用した広帯域方向性結合器を設計したと述べている。原理検証のために製作したデバイスにおいて、挿入損失はほとんど無いこと、クロスポート、バーポートでそれぞれ6dB, 3dBのスイッチング消光比が得られたと述べ、挿入損失を低減するという目的は達成できたと述べている。

第5章「結論」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文はシリコン導波路で形成される小型の波長選択スイッチの実現を目的としており、必要な性能を満足するために提案した二種類の波長選択スイッチの実現可能性を明らかにし、工學上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士(工學)の学位として十分価値のあるものと認められる。

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。