

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested	博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	三浦 謙悟		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	水本 哲弥
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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、その目的及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、近年近距離の通信に適用されるようになった動向を光集積回路技術の発展を紹介しつつ述べている。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、選択した波長チャネルの経路切り替えが、他の波長チャ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替に用いるマッハツェンダ干渉計(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 64 bit×3 GHz=192 Gbit/s~200 Gbit/s 程度の伝送に対して、C バンド帯の波長帯域 35 nm を用いて 8 波長チャネルを収容する WSS に要求される性能として、波長選択特性(通過帯域 1.6 nm、波長クロストーク 20 dB 以下)、スイッチング消光比(20 dB 以上)、動作速度(切替時間 \sim 10 μ s 以下)、消費電力(1 波長チャネル当たり 6m W 以下)、素子サイズ(\sim 10 μ m²)を明らかにし、それぞれの要求性能について、現在実現されている技術と比較した上で実現可能性を議論している。

第 3 章「微小リング共振器波長分波型波長選択スイッチ」では、MRR により波長チャネルの合分波を行い、波長チャネルごとに 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 33 nm として半径 2.7 μ m の MRR を用いて製作した 4 波長チャネルの WSS の特性測定結果から、必要な hitless 動作のもとで、FSR 33 nm、最大のスイッチング消光比 14 dB、スイッチ切替時間 13 μ s が得られたと述べている。しかし、挿入損失が 10 dB 以上と大きいことと、その原因が波長チャネルの合波と分波に用いる MRR の挿入損失と合分波の 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。この共振波長の不一致は一般の WDM システムで起こりうる問題であるため、この影響を低減する手法として 4 章の構成を提案する。また、この構成で 4 波長チャネルの WSS を形成した場合、素子サイズ 350×400 μ m² 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 2 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、選択する波長チャネルに対するフィルタを近接した位置にのみ配置することができる新たな構造を提案している。光波は一箇所のフィルタのみを透過すれば良いため、一般に距離に応じて大きくなる製作誤差による特性ばらつきを抑制することができる。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特定の波長に対してのみ働く移相器、波長選択移相器として動作する。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 6 dB、3 dB 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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	電気電子工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名 : Student's Name	三浦 謙悟		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	水本 哲弥	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In Chapter 1, the background and aim of this dissertation are explained. First, the advantages of optical fiber communications are described in the applications to long-distance and high-speed communication networks. It has low loss and large transition capacity. The development of the photonic integrated circuit technology enables one to apply such a high-capacity transmission to short-distance communications. Especially silicon photonics is attractive because of strong optical field confinement and CMOS compatibility. In this dissertation, integrated wavelength-selective switch (WSS) structures are proposed which are main components of the wavelength-division multiplexed (WDM) network.

In Chapter 2, characteristics of the waveguide components are described to design WSSs. Then, the requirements of the WSS for on-chip and inter-chip optical WDM network applications used for inter-core communications are clarified and its feasibility is discussed assuming state-of-arts technologies.

In Chapter 3, a WSS structure using multiplexers and demultiplexers based on microring resonators (MRRs) is proposed. It uses Mach-Zehnder interferometers (MZIs) for routing optical signals. The four-channel WSS operation has been successfully demonstrated with a 14 dB switching ratio. However, it has a large insertion loss of > 10 dB due to MRR characteristics, which contains an MRR insertion loss and a resonant wavelength mismatch between the demultiplexer and the multiplexer caused by fabrication errors.

In Chapter 4, another WSS structure based on a wavelength-selective phase shift is proposed. The WSS can place wavelength filters for a designated wavelength channel nearby, which results in reducing the effect of fabrication errors. MRRs are placed between the MZI arms so that a phase shift is applied only to a designated wavelength channel without affecting the other channels. The switching ratio obtainable with incomplete waveguide component characteristics is discussed. The single channel WSS operation has been successfully demonstrated with a reduced insertion loss.

In Chapter 5, the results obtained throughout the dissertation are summarized.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).