

学位論文 博士（工学）

適応的光ネットワークに向けたアレイ導波路
回折格子を有する光機能回路の研究

平成 23 年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

伊熊 雄一郎

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	伊熊 雄一郎
主 論 文 題 目 :			
適応的光ネットワークに向けたアレイ導波路回折格子を有する光機能回路の研究			
(内容の要旨)			
<p>近年、クラウドコンピューティングや動画配信サービスの普及などにより、通信トラフィックは急激に増大している。この需要に対応するために光ネットワークの高速化・大容量化が強く望まれる。また、次世代光ネットワークノードでは、故障発生対応や混雑回避などの状況にダイナミックに対応するため、光領域での波長パス切り替え機能や、それに伴う可変光分散補償機能が必要である。これらの要請に応えるために、今後は光回路のさらなる高密度化と高機能化が求められる。</p> <p>第1章では光ネットワークの現状と技術開発動向を述べる。また、平面光波回路 (PLC: Planar Lightwave Circuit) 技術、分散補償技術、波長選択スイッチによるルーティングについて概要を述べる。また、本研究の目的が、PLC 型分光素子であるアレイ導波路回折格子 (AWG: Arrayed-Waveguide Grating) の小型化、および、AWG の応用素子としての可変光分散補償器 (TODC: Tunable Optical Dispersion Compensator)と波長選択スイッチ(WSS: Wavelength Selective Switch)の実現であることを述べる。</p> <p>第2章では、本論文を通じてキーデバイスとなる AWG について、その基礎理論、計算機による透過スペクトルの計算方法、ならびに実際上避けられない製造誤差による性能劣化の傾向について述べる。</p> <p>第3章では、樹脂埋め込み構造を持つループミラーと、これを用いて従来型 AWG を小型化した螺旋型 AWG の提案について述べる。試作した螺旋型 AWG は同仕様の従来型と比較し、約 1/2 に小型化され、挿入損失は 10.9 dB、隣接チャネル間クロストーク -8.2 dB であった。</p> <p>第4章では、AWG と樹脂レンズを用いた TODC について述べる。2種類の樹脂を用いることにより、分散補償範囲とその中心値を独立に制御することが可能になる。分解能の異なる AWG を用いた3種類の TODC の試作を行い、それぞれの 125 ps/nm, 363 ps/nm, 1420 ps/nm の分散可変幅を確認した。また、43Gbit/s 伝送実験によって良好な分散補償性能を確認した。</p> <p>第5章では、AWG 型 TODC の高度化について述べる。第一に、従来型回路では必要不可欠であったサーキュレータを不要とする回路構成の提案と実証について述べる。第二に、シリコン導波路と導波路型位相変調器を用いた AWG 型 TODC の検討と設計について述べる。</p> <p>第6章では、AWG を用いた新規の WSS について述べる。新たに提案した、1×2 スイッチと波長カプラを接続したスイッチアレイによって波長選択機能を実現される。選択する波長チャネルの帯域が固定であるグリッド固定型 WSS、および、帯域を可変できるグリッドレス WSS について、数値シミュレーションによる解析と設計を行った。また、異なる AWG 間の波長特性整合が不要になるループバック構成を利用した構成も設計した。</p> <p>第7章は結論で本論文の成果をまとめ、今後の課題や将来の展望を述べる。</p>			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number 80945982	SURNAME, First name IKUMA, Yuichiro
<p>Title</p> <p>A Study on Functional Optical Circuits Using Arrayed-Waveguide Gratings for Agile Photonic Networks</p>		
<p>Abstract</p> <p>In recent years, the Internet traffic has been surged because of the spread of cloud services and streaming video services. High-speed and large capacity photonic networks are therefore highly required. In future photonic network nodes, it is expected to switch wavelength paths in the optical layer and to compensate the dispersion of transmission media adaptively. Optical circuits are suitable for such applications and more densely-integrated and functional circuits are necessary.</p> <p>Chapter 1 is the introduction, which describes the current situation and related technical developments on an optical network. The PLC (Planar Lightwave Circuit) technology, dispersion compensation techniques, and optical signal routing with a WSS (Wavelength Selective Switch) are introduced. The purpose of our study includes the downsizing of an AWG (Arrayed-Waveguide Grating) and the realization of an AWG-based TODC (Tunable Optical Dispersion Compensator) and an AWG-based WSS.</p> <p>In Chapter 2, the author describes the fundamentals and the simulation methodology of an AWG, which is the key device in the thesis. The performance degradation due to fabrication errors is also discussed.</p> <p>In Chapter 3, a helical AWG with waveguide loop mirrors are proposed. The loop mirror has small bends with buried resin structure for compactness. The helical AWG occupies smaller footprint than a conventional one. The insertion loss and the adjacent channel crosstalk of the fabricated helical AWG are 10.9 dB and -8.2 dB, respectively. The size reduction ratio compared with the conventional one with the same specifications is about 1/2.</p> <p>In Chapter 4, a tunable optical dispersion compensator using a high resolution AWG and integrated lens-shaped phase shifters are described. Two different silicone resins are used for the phase shifters, which allow us to set the dispersion tuning range and the center value independently. Three TODCs with different spectral resolution AWGs are fabricated and dispersion tuning ranges of 125 ps/nm, 360 ps/nm, and 1420 ps/nm, are confirmed, respectively. The successful compensations are demonstrated in 43 Gbit/s transmission experiments.</p> <p>In Chapter 5, advanced AWG-based TODCs are described. First, the integrated TODC that uses two tandem AWGs are proposed. It can relax the band-narrowing at a high dispersion setting and exclude a circulator, which is necessary for the previous AWG-based TODC. It is fabricated and the performances are confirmed. Second, an AWG-based TODC with silicon waveguide is proposed. The TODC design with waveguide-type phase shifters is developed.</p> <p>In Chapter 6, two types of 1×2 WSS based on an AWG; uniform grid WSS and gridless WSS are described. The uniform grid WSS has fixed bandwidths for every wavelength channel, and the gridless WSS has variable bandwidths. The switch array consisting of 1×2 switches and wavelength couplers offers the wavelength-selective switching function. Switching performances are confirmed for both of the WSSs with computational simulation. A loopback configuration, which can eliminate the need of the center wavelength matching between the AWGs, is proposed and designed.</p> <p>Chapter 7 concludes this thesis and mentions future tasks and future prospects.</p>		