

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第	号	氏 名	伊藤 二郎
主論文題目： 次世代ネットワーク用高密度集積光合分波回路の研究				
(内容の要旨) 近年、FTTH (Fiber To The Home)の普及により通信トラフィックは爆発的に増大し、今後も通信の高速化・大容量化への社会的要望が大きいことが予想される。次世代ネットワークでは波長パスを高速切り替え可能な高機能光ノードや周波数利用効率の高い多値変調伝送、偏波多重伝送技術の導入が期待される。しかし、現状の光回路技術では、不十分な応答速度、大きい素子寸法が課題であり、高密度集積化による光回路の高速化、小型化、大規模化がより一層求められる。 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。さらに、ネットワークを支える PLC(Planar Lightwave Circuit)技術、光デバイスに使用される各種材料について詳しく解説する。本研究の目的は、ATB(Air Trench Bend)構造及び低屈折率材料充填導波路を用いた光合分波回路の小型化と PBS (Polarization Beam Splitter)の実現、PLZT ($\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x(\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y})_{1-x/4}\text{O}_3$)導波路を用いた光合分波回路の高速化である。 第2章では、導波路コアの両側に溝を有する ATB 構造を用いた小型アレイ導波路回折格子(AWG: Arrayed-Waveguide Grating)を提案した。ATB 構造を最適化し、チャンネル数8、チャンネル間隔 100 GHz の AWG を作製した。試作した AWG の挿入損失は 5.6 dB、隣接チャンネル間クロストークは-20.1 dB であった。従来の同仕様の AWG に比較して、寸法を約 1/4 に小型化することに成功した。 第3章では、ATB の欠点を解決するために低屈折率材料を溝部分に充填した導波路構造を提案した。石英微小溝構造へのクラックの生じない樹脂充填硬化条件を確立し、多段溝構造を有する導波路で低損失な光学特性を確認した。従来の石英導波路の最小曲げ半径は 2 mm であるが、本構造を用いて最小曲げ半径を 200 μm に縮小することに成功した。 第4章では、第3章の検討結果を活用し、低屈折率材料充填導波路構造を AWG に適用して AWG を小型化した。チャンネル数8、チャンネル間隔 100 GHz の 90° 曲げ型 AWG と、チャンネル数8、チャンネル間隔 12.5 GHz の Arrowhead 型 AWG を設計、作製した。90° 曲げ型 AWG の挿入損失、隣接チャンネル間クロストークは、それぞれ、4.5 dB、-26.3 dB であり、Arrowhead 型 AWG の挿入損失、隣接チャンネル間クロストークは、それぞれ、8.3 dB、-15.7 dB であった。従来の同仕様の AWG に比較して、寸法を、それぞれ、約 1/2 及び約 1/4 に小型化することに成功した。 第5章では、低屈折率材料充填導波路の持つ 10^3 オーダーの高い複屈折を利用した導波路型 PBS を提案した。中心波長付近で非常に高い偏波消光比が得られる狭帯域型と広い波長帯域で高い偏波消光比が得られる広帯域型 PBS を提案、作製した。狭帯域型 PBS の挿入損失、最大偏波消光比、偏波消光比の-10dB 幅はそれぞれ 9.0 dB、-28.9 dB、45 nm であった。広帯域型 PBS は低屈折率材料充填導波路の等価屈折率の波長依存性を考慮に入れて設計し、最大偏波消光比を多少犠牲にし、広い透過帯域を得ることに成功した。挿入損失、最大偏波消光比、偏波消光比の-10dB 幅はそれぞれ 4.4 dB、-22.8 dB、105 nm であった。両 PBS とも従来の石英導波路型 PBS と比較して、アーム長を 1/5 以下に縮小することができた。 第6章では、世界で初めて PLZT 導波路を用いて、高速に波長選択が可能な可変波長 AWG と光スイッチ集積型 AWG の作製を行った。両素子とも光分岐挿入スイッチに適用して、柔軟なネットワークの構築に重要な役割が期待される。可変波長 AWG 及び光スイッチ集積型 AWG は、それぞれ、印加電圧 22 V、32 V で動作し、その動作速度は立ち上がり、立ち下がり時間ともに 15 ns 以下であった。 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た。				

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	SURNAME, First name ITO, Jiro
Title A Study on High Density Integrated Optical Multiplexer and Demultiplexer for Next Generation Networks		
Abstract <p>The high density wavelength division multiplexing, polarization-multiplexing, and multilevel modulation will be used in the next generation network. Therefore, optical circuits are required to be integrated on a large scale and have higher functionality.</p> <p>Chapter 1 is the introduction, which describes the contemporary state and the movement on optical network. PLC (Planar Lightwave Circuit) techniques, some sorts of material characteristics used for optical devices are discussed. The purpose of our study are the down sizing of optical multiplexer/demultiplexer and polarization beam splitter (PBS) by using air trench bend (ATB) structures and low-refractive index material embedded waveguides, and realizing a high-speed optical multiplexer/demultiplexer by using PLZT($\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x(\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y})_{1-x/4}\text{O}_3$) waveguides.</p> <p>In Chapter 2, the compact arrayed-waveguide gratings (AWGs) using ATBs, which have trenches along both sides of the core, is proposed. The ATB structure was optimized by simulations, and the 8-ch, 100 GHz-channel spacing AWG was fabricated. The size reduction of about 1/4, compared with the same specification AWG, was achieved.</p> <p>In Chapter 3, the waveguide using trenches along both sides of the core, filled with low-refractive index materials is proposed. It can eliminate the drawbacks of ATB structures. The minimum bending radius of a silica-waveguide was reduced from 2 mm to 200 μm.</p> <p>In Chapter 4, the compact AWGs were designed and fabricated by using trenches filled with a low-refractive index material. The 90 degree bend type AWG and the arrowhead type AWG were designed and fabricated. They had 8-ch, 100 GHz channel spacing and 8-ch, 12.5 GHz channel spacing, respectively. The sizes of these AWGs were 1/2 and 1/4, respectively, compared with conventional AWGs.</p> <p>In Chapter 5, a novel waveguide-type PBS using trenches filled with a low-refractive index material is described. Its birefringence is 10^{-3} order. The narrowband type PBS which exhibits very high polarization extinction ratio around the center wavelength and the wideband type PBS which has high polarization extinction ratio over a broad wavelength range were proposed and fabricated. The insertion loss, the maximum polarization extinction ratio and -10 dB polarization extinction ratio bandwidth were 9.0 dB, -28.9 dB and 45 nm, respectively, for the narrowband type PBS. The insertion loss, the maximum polarization extinction ratio and -10 dB polarization extinction ratio bandwidth were 4.4 dB, -22.8 dB and 105 nm, respectively, for the wideband type PBS. Compared with a conventional silica-based waveguide type PBS, waveguide arm lengths of both type PBSs were reduced by factor of about 5.</p> <p>Chapter 6 describes the design and the fabrication of the high-speed wavelength selective AWG and the AWG integrated with 8-ch optical switch arrays using PLZT waveguides. They were operated at the control voltage of 22 V and 32 V, respectively. The tuning speed of these devices was 15 ns.</p> <p>Chapter 7 concludes this thesis and mentions future tasks and future prospects.</p>		