

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Slow-light bragg reflector waveguide-based functional devices for use in next-generation optical networks
著者(和文)	顧曉冬
Author(English)	Xiaodong Gu
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9654号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山 二三夫,浅田 雅洋,梶川 浩太郎,植之原 裕行,宮本 智之,鈴木 賢哉
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9654号, Conferred date:2014/9/25, 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		Xiaodong Gu	
論文審査 審査員		氏名		職名		氏名	職名
	主査	小山二三夫		教授	審査員	植之原裕行	教授
	審査員	浅田 雅洋		教授		宮本 智之	准教授
		梶川浩太郎		教授		鈴木 賢哉	学外審査員 (NTT)

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Slow-light Bragg Reflector Waveguide-based Functional Devices for Use in Next-generation Optical Networks」(次世代光ネットワークのためのスローライトブラッグ反射鏡導波路を用いた機能デバイス)と題し、英文7章から構成されている。

第1章「Introduction」(序論)では、スーパーコンピュータやデータセンターにおける短距離光ネットワークや、次世代幹線系ネットワークの進展について概観するとともに、そこで必要とされる機能デバイスの課題について述べている。特に、高速化と低消費電力化の双方を求められる光変調器や、大規模出力ポート化を可能にする波長選択スイッチの必要性について指摘するとともに、本研究の目的を述べている。

第2章「Theory of Slow-light in Bragg Reflector Waveguide」(スローライトブラッグ反射鏡導波路の理論)では、光を伝搬させるコア層を高反射率ブラッグ反射鏡で挟んだブラッグ反射鏡導波路の構造とスローライトを生成する原理について解説して、その伝搬定数、群屈折率の波長依存性などの諸特性を明らかにしている。また、斜め入射法により外部からスローライトモードを励振可能であること、酸化狭帯構造による等価屈折率差を利用することで横方向にも光を閉じ込める3次元導波路が可能であることを明らかにしている。

第3章「Ultra-compact and High-speed Optical Modulator with Low Driving Voltage and Small Power Consumption」(低電圧・低消費電力動作を可能にする超小型・高速光変調器)では、ブラッグ反射鏡導波路を用いた電界吸収型光変調器の設計と素子の製作について述べるとともに、その動作特性を明らかにしている。素子長50ミクロン以下の小型光変調器で、変調器電圧1V以下の低電圧動作を実証するとともに、小型化による素子の浮遊容量低減により、3dB変調帯域として20GHz以上の高速化を実現したと述べている。また、変調器電圧の低電圧化によってもたらされる低消費電力動作について、実験結果を基に定量的に議論し、強度変調の1ビット当たり100fJ/bit以下の低消費電力動作の可能性を示している。

第4章「Super-high-resolution Beam-Steering with Large Angular Dispersion」(巨大角度分散による超高解像度ビーム掃引)では、ブラッグ反射鏡導波路における出力放射角に関する大きな角度波長分散について明らかにするとともに、入力光の波長を掃引することにより超高解像度ビーム掃引が可能であることを述べている。実際に素子の製作により、波長980nm帯において素子長5mmに対して、非機械方式としては世界最高の解像点数1,000を越える超高解像度ビーム掃引を実現している。さらに、波長を固定して、素子の熱光学効果を利用した電気的なビーム掃引の結果についても明らかにしている。また、偏波依存性についても検討を行い、偏波依存性を低減するための導波路構造を明らかにするとともに、幹線系光通信システムで使用されている波長1550nm帯での動作実証にも成功したことを述べている。

第5章「Large-port-count Wavelength Selective Switch Based on a High-density Bragg Reflector Waveguides Array」(高密度ブラッグ反射鏡導波路アレイを用いた多数出力ポート波長選択光スイッチ)では、高密度に集積したブラッグ反射鏡導波路アレイとLCOS(Liquid crystal on silicon)を組み合わせた波長選択光スイッチを提案するとともに、その特徴について明らかにしている。設計を基に素子製作を行い、出力ポート数182、波長チャンネル数50以上を有するこれまでで最大規模の出力ポート数を有する波長選択光スイッチの動作に成功したと述べている。

第6章「Future Prospects of This Study」(本研究の将来展望)では、ブラッグ反射鏡導波路を用いたスローライト光変調器の更なる高速化や低消費電力化を可能にする構造を検討するとともに、ビーム掃引デバイスにおけるサブ波長回折格子を用いた波面や強度分布の制御手法、および波長選択光スイッチの多入力ポートを可能にする構成法の検討など、新しい方向性を議論している。

第7章「Conclusions of This Study」(本研究の結論)では、本研究で得られた成果を総括している。

これを要するに本論文は、ブラッグ反射鏡導波路におけるスローライト伝搬を利用した低消費電力動作を可能にする小型かつ高速の光変調器を実現するとともに、ブラッグ反射鏡導波路の大きな角度分散を利用したビーム掃引デバイスの提案と非機械方式としては世界最高の超高解像度ビーム掃引動作を実現し、多数出力ポートの波長選択光スイッチへのデバイス応用を実現したもので、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。