

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	シリコンスロット導波路を用いた温度無依存波長フィルタに関する研究
Title(English)	Study of Athermal Wavelength Filters Based on Silicon Slot Waveguides
著者(和文)	渥美裕樹
Author(English)	Yuki Atsumi
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9361号, 授与年月日:2013年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:西山 伸彦,荒井 滋久,水本 哲弥,宮本 恭幸,植之原 裕行, 山田 浩治
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9361号, Conferred date:2013/12/31, 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

(博士課程)

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	渥美 裕樹		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査	主査	西山 伸彦	准教授	審査員	宮本 恭幸	教授
審査員	審査員	荒井 滋久	教授		植之原 裕行	教授
		水本 哲弥	教授		山田 浩治	学外審査員 (NTT 研究所)

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of athermal wavelength filters based on silicon slot waveguides (シリコンスロット導波路構造を用いた温度無依存波長フィルタに関する研究)」と題し、英文7章からなっている。

第1章「Introduction (序論)」では、本研究の背景を概観し、その目的および論文の構成について述べている。シリコンフォトニクスにおける様々な研究を概観し、その中で、特に波長フィルタを利用するデバイスにおける環境温度不安定性が特に波長分割多重(WDM)通信などの複数波長を用いる方式では大きな障害となることを指摘し、フィルタ波長が温度によって変化しない温度無依存波長フィルタが必要であることを述べている。その解決法としてシリコンスロット導波路構造の利用を提案し、その実現を目的としたと述べている。

第2章「Design of athermal Si slot waveguide (温度無依存シリコンスロット導波路の設計)」では、クラッド層に負の屈折率温度依存性を持つ材料を導入し、等価的な屈折率の温度依存性を低減可能なスロット導波路構造設計を行っている。実際の作製誤差により特性が変化することを指摘し、構造許容度の高い構造を提案している。スロット導波路の導波路曲げにおける損失は10 μm 程度の半径があれば実用的に無視できる損失となると述べている。ただし、伝搬損失に関しては導波路の側壁粗さによる影響が一般的な細線導波路に比べて大きくなることを指摘し、微細加工技術の検討が重要であると述べている。

第3章「Micro-fabrication and loss reduction technologies for Si waveguide devices (シリコン導波路デバイスのための微細加工および損失低減技術)」では、低損失なシリコン導波路を実現するために必要な微細加工技術について述べている。電子ビーム描画において電子ビームのショット位置、露光量のパターン設計図が作製される半導体構造の形状に大きく影響を与えることを指摘し、ショット位置補正による境界面整合、近接効果補正による各位置における総露光量制御がシリコン細線導波路の伝搬損失の低減に有効であることを明らかにしている。また、誘導結合プラズマ反応性イオンエッチング(ICP-RIE)法を用いた側壁粗さが少ないエッチング条件の導出に成功したと述べている。さらなる低損失化のために直線導波路においては、幅1 μm 以上の幅広導波路を利用することで1 dB/cm 以下の伝搬損失を実現可能であることを明らかにしている。

第4章「Athermal wavelength filters embedded with Benzocyclobutene (ベンゾシクロブテン埋め込み型温度無依存波長フィルタ)」では、ベンゾシクロブテン(BCB)を用いた温度無依存波長フィルタを作製し、特性を評価している。BCB を埋め込んだシリコンスロット導波路を利用したマッハ・ツェンダ干渉器とリング共振器を作製し、フィルタ波長の温度依存性が1 pm/K 以下と従来のシリコン導波路波長フィルタに比べて1/100 に低減されたと述べている。また、フィルタ挿入損失も1 dB 程度であると述べている。

第5章「WDM demultiplexer using athermal ring-type wavelength filters (温度無依存リング型波長フィルタを利用したWDM分波器)」では、前章で実現したリング共振器フィルタを組み合わせWDM波長分波器を作製・評価している。この実現のために深紫外光による波長トリミング手法を提案し、1.6 nm までの波長トリミングが可能であると述べている。この技術を用いて4チャンネルのWDM波長分波器を試作し、波長トリミング前に比べてトリミング後の特性が向上することを明らかにし、温度無依存波長分波器がスロット構造によって実現可能であると述べている。

第6章「Future prospective of Si slot structure (シリコンスロット構造の将来展望)」では、本論文で述べたスロット構造の多用途への展開を提案している。クラッド層と用いる材料を変えることに色々の特性を実現できることを述べ、例として電気光学ポリマーをクラッド層に持つ変調器を試作し、また、バイオセンサへの応用の可能性を指摘している。

第7章「Conclusion (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、本論文はシリコンプラットフォーム上で実現可能な低損失な温度無依存波長フィルタを提案し、実現したものであり、工学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(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。