

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A study of photonic devices using topological phase interference on silicon platform
著者(和文)	岡田 祥
Author(English)	Sho Okada
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12809号, 授与年月日:2024年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:雨宮 智宏,西山 伸彦,植之原 裕行,中川 茂,庄司 雄哉,北村 恭子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12809号, Conferred date:2024/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

THESIS OUTLINE

系・コース: Department of, Graduate major in	電気電子 電気電子	系 コース	申請学位 (専攻分野): Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名: Student's Name	岡田 祥		審査員主査: Chief Examiner	雨宮 智宏	

要約

Thesis Outline

本論文は、「A study of photonic devices using topological phase interference on silicon platform (シリコンプラットフォーム上でのトポロジカル位相干渉を利用した光学素子の研究)」と題し、英文 6 章から構成されており、シリコン系平面光集積回路上に形成されたトポロジカルフォトリソニック結晶を利用した、エッジ伝送の静的および動的な光分岐素子の研究成果を報告する。

第 1 章「Introduction (序論)」では、光の実空間と波数空間におけるトポロジの概念導入を述べ、トポロジカルフォトリソニック技術に適応した各種フォトリソニック結晶素子に関して概説した。その中で、トポロジカルフォトリソニック結晶を用いて構成されたエッジ導波路では、特定のスピンの軌道角運動量をもった光伝搬が形成されることを述べ、その特性を活かした応用先を紹介した。特に、特定のスピンの軌道角運動量を保持したまま光信号をスイッチングすることは、各種応用に向けての必要不可欠な要素であることを言及し、本論文の目的を述べた。

第 2 章「Theory of photonic crystals with topological properties and proposal of structures that branch edge states (トポロジカル特性を持つフォトリソニック結晶の理論とエッジ状態を分岐する構造の提案)」では、トポロジカル特性を発現させるためのフォトリソニック結晶構造について議論し、それらを用いた分岐素子の提案を行った。提案素子は、主としてトポロジの異なる 2 種類のフォトリソニック結晶構造で構成されているが、分岐の役割を持たせるために、中央領域にバンドエンジニアリングを施した適当なフォトリソニック結晶構造を配置することで、各ポートから出射される光信号の出力比を変化させることを想定した。実際に、バンド解析と伝搬解析を通じて、また、中央領域に配置するフォトリソニック結晶を自明から非自明な性質へと変化する各々の構造を配置することで、スピンの軌道角運動量を保ったまま、1550 nm 帯の光信号を所望の割合で分岐できることを示した。

第 3 章「Evaluation of topological photonic crystal characterization and photonic band diagram microscopy (トポロジカルフォトリソニック結晶の特性とフォトリソニックバンド顕微鏡)」では、トポロジカルフォトリソニック結晶構造を SOI 基板上に形成するための作製技術について述べている。特に、ハイパースペクトルフーリエ画像分光に基づいたフォトリソニックバンドの評価技術を用いて、作製されたトポロジカルフォトリソニック結晶を評価し、作製誤差を加味した解析と同等の結果が得られたことを示した。これにより、1550 nm 帯でフォトリソニックバンドギャップを持つトポロジカルフォトリソニック結晶の作製に成功したことを示した。

第 4 章「Static topological splitter based on band design (バンド設計に基づく静的スプリッタ)」では、第 2 章で設計した分岐素子を実際に作製し、その動作実証を行った。具体的には、素子中央に配置されたフォトリソニック構造のバンド特性が異なる素子を幾つか作製し、それらの伝搬特性を評価した。結果として、配置するフォトリソニック構造が自明な系から非自明な系へ徐々に移行するにつれて、各ポートに分岐する光信号の強度比を ± 10 dB の範囲で連続的に変化できることを明らかにした。また、同素子におけるトポロジカルエッジ伝送路界面からの散乱光に対して円偏光成分測定を行い、分岐後のエッジ導波路でも光スピンの保持性されていることを確認した。

第 5 章「Dynamic splitter with phase interference (トポロジカル位相干渉による動的スプリッタ)」では、第 4 章で実現した分岐素子を拡張する形で、2 入力 2 出力のトポロジカル位相干渉素子を提案し、伝搬解析を実施するとともに、実際に素子の作製・評価を行った。具体的には、トポロジカル位相干渉素子の前段に熱光学位相シフタを配置することにより、2 ポートスイッチング動作の動的制御に成功したことを示した。また、第 4 章と同じく、素子内トポロジカルエッジ伝送路界面からの散乱光に対して円偏光成分測定を行い、動的制御においても光スピンの保持されていることを確認した。

第 6 章「Conclusion (総括)」では、本研究で得られた結果を総括した。