

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)	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	岡田 祥	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	雨宮 智宏		准教授	庄司 雄哉	准教授
	審査員	植之原 裕行		教授	北村 恭子	外部審査員
		中川 茂		教授		
西山 伸彦			教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「A study of photonic devices using topological 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 章から構成されている。

第 1 章「Introduction(序論)」では、トポロジカルフォトンクス歴史を紐解くとともに、各種トポロジカルフォトンニック結晶素子に関して概説している。その中で、トポロジカルフォトンニック結晶を用いて構成した導波路が、特定のスピンの軌道角運動量をもった光の伝搬を許容することが述べられており、その応用先について幾つかの紹介がなされている。特に、特定のスピンの軌道角運動量を保っ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須要素であることが言及されており、本論文では、それを行うための新しい位相干渉構造の提案と実証を目的としていることが述べられている。

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ン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ンニック結晶構造について議論するとともに、それらを用いた分岐素子の提案を行っている。提案素子は、トポロジーの異なる二種類の典型的なフォトンニック構造で構成されており、中央の領域にバンドチューニングを行った適当なフォトンニック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考えている。実際に、PWE (Plane wave expansion method) によるバンド特性解析と FDTD (Finite-difference time-domain method) による伝搬解析を通じて、スピンと軌道角運動量を保ったまま、所望の割合で光信号を分岐できる旨が述べられている。

第 3 章「Evaluation of topological photonic crystal characterization and photonic band diagram microscopy (トポロジカルフォトンニック結晶の特性とフォトンニックバンド顕微鏡の評価)」では、トポロジカルフォトンニック構造を 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をベースとしたフォトンニックバンドの評価技術を用いて、再現性のあるプロセスシーケンスを確立したことが言及されている。

第 4 章「Static topological splitter based on band design (バンド設計にもと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ている。具体的には、素子中央に配置されたフォトンニック構造のバンド特性が異なるサンプルを幾つか準備し、それらの伝搬特性を評価している。結果として、対象のフォトンニック構造が自明な系からトポロジカル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 ±10dB の範囲で連続的に変化できることを明らかにしている。また、同素子におけるトポロジカル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、光スピン保持性の確認にも成功したことが述べられている。

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、2×2 のトポロジカル位相干渉素子を提案し、FDTD による伝搬解析を実施するとともに、実際に素子の作製・評価を行っている。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ている。また、第 4 章と同じく、素子内のトポロジカル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、光スピン保持性も確認している。

第 6 章「Conclusion(総括)」では、これまでの議論を総括している。

以上を要するに、本論文は、トポロジカル位相干渉を利用した光学素子技術を確立し、実証したものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、博士 (工学) の学位を与えるに十分資すると認められる。