

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of optical coupling between silicon and topological waveguides for on-chip optical angular momentum multiplexing
著者(和文)	各務響
Author(English)	Hibiki Kagami
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12373号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:西山 伸彦,植之原 裕行,中川 茂,廣川 二郎,庄司 雄哉,岩本 敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12373号, Conferred date:2023/3/26, 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	各務 響	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	西山 伸彦	教授	庄司 雄哉	准教授
	審査員	広川 二郎	教授	岩本 敏	学外審査員
		植之原 裕行	教授		
		中川 茂	教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of optical coupling between silicon and topological waveguides for on-chip optical angular momentum multiplexing (オンチップ光渦多重通信に向けたシリコン導波路とトポロジカル伝送路の結合に関する研究)」と題し、英文7章から構成されている。

第1章「Introduction(序論)」では、大容量光通信の歴史を概観するとともに、次世代の多重化技術である光渦多重化技術に関して概説し、それらが光通信における伝送容量を向上させるために有用であることを述べている。次に光渦多重化のために必要となる合分波素子について言及し、それらを実現するためのトポロジカルフォトンクス現象について概説している。具体的には、トポロジカルフォトンクスの特徴である光渦伝搬性を利用することで、既存の素子群とは異なり、パッシブ(無消費電力)な光渦合分波素子を実現可能である旨が述べられている。そして、上記素子を世界に先駆けて実現することが本論文の目的であると述べている。

第2章「Requirement of Performance of OAM MUX/DEMUX (光渦合分波の要求性能)」では、実現する素子概要とともに、実際の通信理論から概算される要求性能について言及している。本章前半では、バンドチューニングを行ったトポロジカル伝送路を4本用意することで、特定の光渦・偏光をもった光信号をそれぞれの伝送路に合分波可能であることを述べている。次に、上記素子を実現する上で、「シリコン導波路からトポロジカル伝送路への高効率な水平結合器」「自由空間からトポロジカル伝送路への高効率な垂直結合器」「バンドチューニングされたトポロジカル伝送路」の3つの素子群が必須である旨を述べている。本章後半では、現在の光通信において光渦多重技術を導入した際に必要となる光渦信号間のクロストークに関して通信理論を用いて概算し、目標とする素子性能について言及している。

第3章「Horizontal coupling of Si wire waveguide and topological waveguide (シリコン導波路とトポロジカル伝送路間の水平結合)」では、シリコン光回路における基本構成要素であるシリコン導波路からトポロジカル伝送路への高効率な結合を実現するための技術について述べられている。本章前半では、FDTDによる解析をとおして理論的にトポロジカル伝送路における光渦伝搬性を明らかにするとともに、これを実現するためのプロセス工程について言及している。また本章後半では、シリコン導波路とトポロジカル伝送路を特殊なテーパ構造を介して結合させることを提案しており、理論・実験の両面から検討がなされている。最終的に、シリコン導波路とトポロジカル伝送路を直接繋いだ場合に比べて、提案構造では5dB以上の結合効率の向上が得られたと述べている。

第4章「Vertical coupling of free space and topological waveguide (自由空間とトポロジカル伝送路間の垂直結合)」では、自由空間からトポロジカル伝送路への高効率な結合を実現するための技術について述べられている。トポロジカル伝送路内に特定の欠陥構造を導入することで垂直結合効率が上がることを提案しており、理論・実験の両面からその検討がなされている。最終的に欠陥構造導入に伴い、-16dB程度の結合効率を得られたことを報告している。

第5章「Optical vortex demultiplexer design with band-tuned topological waveguide (バンドチューニングされたトポロジカル伝送路を用いた光渦合分波器)」では、トポロジカル伝送路を構成するフォトンニック結晶のバンドを適切に調整することで、特定の光渦・偏光をもった光信号をそれぞれの伝送路に一意に伝搬できることを理論解析により明らかにしている。3章・4章で述べた各結合器とバンドチューニングを行ったトポロジカル伝送路を複数本組み合わせることで、能動的動作をする光渦合分波素子を実現可能となる旨も述べている。

第6章「Evaluation of optical vortex demultiplexers (光渦合分波器の評価)」では、3章・4章で培った技術を用いて、5章で提案した素子を実際に作製し、その特性を評価している。素子特性として完全ではないものの、チャージ数1の左右円偏光に対する信号については、クロストーク4dBで分波ができた旨が言及されている。

第7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、トポロジカルフォトンクスを活用した光渦多重化技術の設計指針について明らかにし、その基本性能を実証したもので、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。