

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	3次元光インターコネクトに向けたシリコングレーティングカプラの研究
Title(English)	Study of Si Grating Couplers toward 3-Dimensional Optical Interconnect
著者(和文)	姜 駿炫
Author(English)	JoonHyun Kang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9696号, 授与年月日:2014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,廣川 二郎,裏 升吾
Citation(English)	Degree;, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9696号, Conferred date:2014/12/31, 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

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	姜 峻炫
		氏 名	職 名	
論文審査	主査	西山 伸彦	准教授	宮本 恭幸 教授
審査員	審査員	荒井 滋久	教授	廣川 二郎 准教授
		水本 哲弥	教授	裏 升吾 学外審査員 (京都工繊大)

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of Si Grating Couplers toward 3-Dimensional Optical Interconnect (3次元光インターコネクトに向けたシリコンスグレーティングカプラに関する研究)」と題し、英文6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。今後のLSIの性能向上のために配線層の改善が必要なることを指摘し、光配線の導入が有効であること、特にシリコンフォトリソ技術の導入が有効であるとしている。具体的な方法としてアモルファスシリコンを用いることで、LSI電子回路上にバックエンドプロセスを用いて光配線層を形成でき、さらに多層化することによって、より高密度の信号伝送が可能であると提案している。しかしながら、多層化されたアモルファスシリコン配線層の形成技術が確立していないこと、層間の信号接続法が確立していないことが問題であると指摘し、層間の信号接続法にはグレーティングカプラを使用するべきであると述べている。

第2章「Low-loss multi-stacked amorphous silicon wire waveguides (低損失多層アモルファスシリコン細線導波路)」では、多層化しても損失の低いアモルファスシリコン細線導波路の形成法について述べている。プラズマCVD法によって、アモルファスシリコンとSiO₂を交互に積層することにより多層導波路が形成できるが、従来の積層条件では、積層するごとに表面粗さが増加し、導波路化した際の散乱損失が増大する問題があったことを指摘し、プラズマCVD法の積層条件を探索することによってこの損失低減が可能であることを明らかにしている。また、誘導結合型プラズマ反応性イオンエッチング法を用いることにより、導波路側壁の粗さに起因する散乱損失を低減することが可能であると指摘し、これらの技術を組み合わせることで、3層の多層化アモルファスシリコン細線導波路において導波損失を4 dB/cm以下に低減できたと述べている。

第3章「Design of inter-layer grating couplers (層間グレーティングカプラの設計)」では、層間信号伝送を実現するためのグレーティングカプラの設計について述べている。グレーティングカプラを使用することにより、他の方法に比較して長い層間距離を実現できると指摘している。まずグレーティングの周期などと光の放射との関係について明らかにし、グレーティングの上下どちらかに金属ミラーを装荷することによって、一方向の放射効率を向上できると述べている。この金属装荷構造により数値計算にて1 μmの層間距離で90%以上の光結合効率を達成できると述べている。さらにアポダイゼーションを施すことにより層間距離にかかわらず90%以上の効率を維持できると述べている。

第4章「Fabrication and measurement of inter-layer grating couplers (層間グレーティングカプラの作製と測定)」では、3章で設計したグレーティングカプラの作製と測定結果を述べている。グレーティングや金属ミラーの上にSiO₂を形成した際、凹凸が生じるがCMPプロセスを用いることにより平坦な表面を形成することができたと述べている。層間距離は非破壊光学的測定を行うことでトレランスの範囲内で制御可能であることを明らかにしている。これらのプロセスを用いることで最大83%の層間光結合効率を実現し、50 Gbpsのデータ伝送を行っても信号劣化が観測されなかったと述べている。

第5章「Other applications of grating couplers for 3D optical interconnect (3次元光インターコネクトのためのグレーティングカプラの応用)」では、これまで述べてきたグレーティングカプラの他部品への応用として単一モードファイバとの接続と面発光レーザとの接続の可能性について述べている。単一モードファイバとの接続では3章で述べた設計手法を利用し、アポダイゼーションを用いたグレーティングカプラを設計することによって、計算上87%の結合効率に対し、実際に70%の結合効率を得られたと述べている。また、面発光レーザとの接続では、グレーティングを裏面ミラーとして利用しながら、導波路へ直接接続できる可能性があるとして述べている。

第6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、本論文はシリコン多層光回路を提案、その設計指針を明らかにし、多層光導波路の低損失化や高効率な層間結合などの要素技術を実現したものであり、学術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(学術)の学位論文として十分価値があるものと認められる。