

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Si基板上薄膜光集積回路の高温高効率動作に関する研究
Title(English)	Study of High Temperature and High Efficiency Operation of Membrane Photonic Integrated Circuits on Si Substrate
著者(和文)	FangWeicheng
Author(English)	Weicheng Fang
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12242号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:西山 伸彦,小山 二三夫,植之原 裕行,宮本 智之,庄司 雄哉,松尾 慎治,荒井 滋久
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12242号, Conferred date:2022/9/22, 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	方	偉成	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	西山 伸彦	教授	審査員	庄司 雄哉	准教授
	審査員	小山 二三夫	教授		荒井 滋久	学外審査員
		植之原 裕行	教授		松尾 慎治	学外審査員
		宮本 智之	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of High Temperature and High Efficiency Operation of Membrane Photonic Integrated Circuits on Si Substrate (Si 基板上薄膜光集積回路の高温高効率動作に関する研究)」と題し、英文 6 章から構成されている。第 1 章「Introduction(序論)」では、光通信の歴史を紐解くとともに、LSI (大規模集積回路) 上のインターコネクションに関して概説し、電気インターコネクションに比べ光インターコネクションの適用が LSI の性能を向上させるために有用であると述べている。次に光インターコネクションのための集積デバイスの構成を述べ、それらを実現するための異種材料接合技術について概説している。そして、種々の光インターコネクション用光デバイスの中でメンブレン (薄膜) 構造を利用したデバイスおよびその光集積回路が効率と消費電力の観点から優れていると述べている。ただし、これまでの研究では、実際の光集積回路で、特に高温化での効率が問題であることを指摘し、これを解決することが本論文の目的であると述べている。

第 2 章「Thermal characteristics analysis for membrane semiconductor laser (薄膜半導体レーザの温度特性解析)」では、薄膜半導体レーザの熱特性について、理論的に議論している。3 次元熱解析モデルを作成し、薄膜半導体レーザの設計パラメータを探索し、熱抵抗がどのように変化するかを明らかにしている。特に従来接合のために利用されていた BCB (ベンゾシクロブテン) を取り除くことによって、従来の半分以下の熱抵抗とすることができると述べている。また、LSI 上にレーザを形成した場合の LSI による発熱の影響について解析している。その結果、LSI の温度上昇が、そのままレーザの温度上昇に加算されることを明らかにしている。最後に熱抵抗がどの程度レーザ特性に影響を与えているかを解析し、熱抵抗の低減が高い光出力、変調帯域の実現のためには重要であると述べている。

第 3 章「Investigation of wafer bonding technology for membrane platform on Si (Si 基板上薄膜プラットフォームのためのウェハ接合技術の探索)」では、Si 基板上に化合物半導体薄膜構造を形成するための接合技術について述べている。100 nm 程度の BCB を利用した接合、酸素プラズマを利用した接合、a-Si (アモルファス Si) ナノフィルムを利用した表面活性化接合の 3 つを比較している。その中で、接合強度、接合面積やプロセス時間、そしてフォトルミネッセンスへの影響など、全ての観点から a-Si ナノフィルムを利用した表面活性化接合が優れていると述べている。

第 4 章「Membrane laser for low thermal resistance and high temperature operation (低熱抵抗高温動作のための薄膜レーザ)」では、2 章および 3 章で設計、プロセス検討を行った技術を利用して薄膜半導体レーザを作製し、その特性を明らかにしている。薄膜半導体レーザウェハ作製工程で生じる凹凸を削減するため CMP(化学機械研磨)技術を導入することによって、表面活性化接合を適応させ、実際にレーザを作製している。ファブリペロー型において、従来の熱抵抗の 50%以上の削減を達成し、分布帰還型レーザにおいて、従来に比べ最も低い熱抵抗 510K/W を実現したと述べている。

第 5 章「Membrane photonic integrated circuits fabricated by surface activated bonding (表面活性化接合を利用した薄膜光集積回路)」では、薄膜レーザ、導波路、受光器を集積した光集積回路の特性について述べている。前章までに確立した作製プロセスを利用し、従来に比べ高い伝送効率と直接変調応答を実現し、120°Cの高温での動作も実現したと述べている。また、将来への期待として、cm オーダーの伝送を実現するための低損失 InP リブ導波路の利用を提案している。デバイス構造としては、分布反射型構造を有する半導体レーザとバルク受光層を有する受光器を採用することで、より変調帯域を向上することができると述べている。

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、LSI 上光インターコネクションとして期待される Si 基板上薄膜集積回路の高温高効率特性の設計指針について明らかにして、その基本性能を実証したもので、学術上貢献するところが大きい。よって、博士 (学術) の学位を与えるに十分資すると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。