

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of cobalt ferrite thin films on silicon photonic platforms for monolithically integrated optical isolators
著者(和文)	SerranoNunez M
Author(English)	Mario Alberto Serrano Nunez
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11841号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:庄司 雄哉,中川 茂樹,西山 伸彦,宮本 智之,ファム ナムハイ,水本 哲弥,中津原 克己
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11841号, Conferred date:2022/3/26, 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	Mario Alberto Serrano Nunez	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	庄司 雄哉	准教授	Pham Nam Hai	准教授
	審査員	中川 茂樹	教授	水本 哲弥	教授 (理事・副学長)
		西山 伸彦	教授	中津原 克己	神奈川工科大 教授
		宮本 智之	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Study of cobalt ferrite thin films on silicon photonic platforms for monolithically integrated optical isolators”と題し、英文6章から構成されている。

第1章“Introduction”では、シリコンフォトニクスおよび集積型光アイソレータの研究動向を紹介し、本研究ではコバルトフェライト CoFe_2O_4 というこれまで用いられてこなかった磁気光学材料を利用した光アイソレータの実現を目指すことを述べている。 CoFe_2O_4 は従来用いられてきたガーネットフェライト Ce:YIG と比較して、10倍程度の磁気光学効果が期待できる。

第2章“Integration of cobalt ferrite films on silicon for nonreciprocal devices”では、シリコン基板上に MgO バッファ層を介したスパッタ堆積法について検討している。スパッタリングの成膜条件を細かく調整し、波長 1550 nm において 25,600deg/cm のファラデー回転係数をもつ薄膜形成に成功したことを述べている。これはシリコン基板上に形成した CoFe_2O_4 としては最大の値である。また、成膜時の基板温度によって、応力の違いにより磁気異方性が垂直方向と面内方向に変化する結果が得られている。これは光信号の偏光 (TE/TM) に応じてそれぞれ動作する光アイソレータを作製する際に、TEモードに対しては垂直、TMモードに対しては面内に磁化容易軸をもつ膜が利用できることを示している。

第3章“Nonreciprocal phase shift for integrated nonreciprocal devices”では、磁気光学効果による光導波路内で生じる非相反移相効果の基礎理論を概説し、またその解析と設計手法を明らかにしている。

第4章“Micro ring based optical isolator using a cobalt ferrite film”では、2章において作製に成功した CoFe_2O_4 を用いたリング共振器型の光アイソレータについて検討を行っている。まずリング共振器の基礎理論を概説し、非相反移相効果による動作スペクトルのシフトから光アイソレータの設計を明らかにしている。ここでは、 CoFe_2O_4 の大きな光吸収を低減するため、上クラッド層となる SiO_2 をスペーサとして厚さを適切に調整し、有効な光アイソレータ動作が得られることを見出している。その後、Silicon-on-insulator (SOI) 基板上にシリコン導波路のリング共振器を形成し、その一部に CoFe_2O_4 を堆積した素子を作製した。測定の結果、TMモード光に対して挿入損失 11.2dB、アイソレーション比 9.6dB の光アイソレータ動作が実験的に得られたことを述べている。

第5章“Ultra-compact silicon micro ring type isolator for TE mode operation”では、リング共振器の内側の導波路側壁に垂直磁化の CoFe_2O_4 を堆積した構造により、TEモード光に対して動作する超小型の光アイソレータについて数値計算による検討を行っている。まず、曲げ半径が 10 μm 程度以下で顕著になる電磁界分布の偏りについて空間変換を用いて解析し、非相反移相効果の変化を見積もっている。そして、リング共振器のバス導波路の結合効率を適切に設計することで、TEモードで動作する光アイソレータの設計を明らかにしている。

第6章“Conclusions and future works”では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題とその解決策、それによる集積型光アイソレータの応用に向けての将来展望について述べている。

CoFe_2O_4 は光吸収が大きく材料的な性能指数 (磁気光学効果/損失) は Ce:YIG に劣るものの、素子設計を適切に行うことで光アイソレータとしての性能指数 (アイソレーション比/損失) は従来型と同程度にすることができ、かつ素子サイズは 1/10 と小型で、Si 基板上に直接堆積可能といった多くのメリットを享受することができる。本論文はそれを実験的かつ数値解析的に明らかにしたものであり、学術上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士 (学術) の学位論文として十分価値があるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (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。