

審査の結果の要旨

論文提出者 リム ペンファイ

シリコンプラットフォーム上へのIV族系半導体光素子の製作技術は、情報処理の性能を飛躍的に向上するものとして注目を集めている。しかし、現在シリコン技術において多用されるシリコンやゲルマニウムから光素子を製作する上で、これらが間接遷移型半導体であることに起因する問題は多く、発光はもとより変調も間接遷移吸収の存在のため素子の基本原理自体もいまだ探索段階にある。本論文は「Fabrication and Characterization of Silicon-Germanium Field-Effect Ring Modulators and Germanium Light Emitters for the Integrated Group IV Photonics Platform (IV族集積フォトニクスに向けたシリコンゲルマニウム電界効果リング光変調器およびゲルマニウム発光素子の作製と評価)」と題して、シリコンゲルマニウムを用いた電界効果リング光変調器とゲルマニウム発光素子の設計と作製について論じており、7章から成り英文で書かれている。

第1章では、「Introduction (序論)」と題して、電気配線の発熱等に起因する情報処理の基本的限界とそれを打破する可能性を秘める光インターコネクションについての紹介を通じ、本研究分野の発展の経緯を紹介した後、本研究の意義と目的を示している。

第2章では、「Modeling of Silicon-Germanium Ring Modulators」と題して、シリコンゲルマニウムリング共振器の設計ツールに関する概説を行っている。特にフランツケルディッシュ効果による電界誘起吸収率変化について述べ、同時に生じる屈折率変化を利用した変調原理に関する説明を行う。さらに、素子性能の設計に用いたZ変換法に関する議論を行っている。

第3章では、「Silicon-Germanium Electromodulator Fabrication」と題して、シリコンゲルマニウム変調器とゲルマニウム発光素子の製作方法を詳細に説明している。精緻な素子および大面積な光導波路領域を高速に電子線露光するため生じる装置のステップングエラーについて詳細に概説し、解決に用いた手法について説明している。

第4章では、「Characterization of Silicon-Germanium Electromodulators」と題して、第3章で述べた方法により製作した光変調器の電気的および光学的な評価結果について述べている。間接遷移による吸

取ならびに電界印加に誘起された吸収から正味の電界誘起屈折率変化量を導出する方法を考察し、それに基づき得られた実験結果を解析することにより、シリコンゲルマニウムリング共振器型光変調器が電界誘起屈折率変化により動作し得ることを明らかにしている。

第5章では、「Luminescence Enhancement in Germanium Ring Emitters」と題して、ゲルマニウムリング共振器の光励起によるゲルマニウム発光(Photoluminescence, PL)において、蛍光スペクトルの増強を観察するとともに、リング共振機の効果を議論している。

第6章では、「Miscellaneous Ring-Based Device Concepts」と題して、第5章までに得られた結果に基づきシリコンゲルマニウム系リング共振器の新たな構造について提案している。特に、間接遷移吸収による素子特性の劣化の改善に関する提案と、フランツケルディッシュ効果による光変調の優位性を議論している。

第7章は「Summary and Future Work」であり、各章の主要な研究成果をまとめて総括し、本論文の結論及び将来展望について述べている。

以上これを要するに、本論文は、シリコン LSI 技術に整合する IV 族集積フォトニクス確立に向けて、電界誘起屈折率変化を用いたリング共振器型光変調器の基本動作、およびリング共振器を用いたゲルマニウムの発光増強効果を、シリコン基板上で実証したものであり、電子工学に貢献するところが少なくない。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。