

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 籾倉 陽介

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第632号

学位授与年月日 令和2年9月30日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府・物理情報工学専攻

学位論文題目
High-speed Si photonic crystal optical modulator and its applications (高速 Si フォトニック結晶光変調器とその応用)

論文審査委員	主査	横浜国立大学	教授	馬場 俊彦
		横浜国立大学	教授	新井 宏之
		横浜国立大学	教授	吉川 信行
		横浜国立大学	准教授	荒川 太郎
		横浜国立大学	准教授	西島 喜明

論文及び審査結果の要旨

データセンターやスーパーコンピュータでは、サーバー内外を高速信号伝送する光インター接続の導入が進み、特に Si フォトニクスの利用が拡大している。ここでは、高速な Si 光変調器がキーデバイスとなる。本博士論文は、同変調器を小型化するフォトニック結晶変調器の高性能化とその応用を議論した。フォトニック結晶導波路は、群速度が小さなスローライトモードを伝搬させる。この導波路を変調器の位相気に用いると、群速度の低下率を表す群屈折率に比例して、変調効率が高まることが予測されていた。しかしこの効果の直接的な評価例はこれまでなかった。本研究ではまず、高分散スローライトの設計を用いて、波長掃引によって所望の群屈折率を実現し、群屈折率に比例した変調効率を直接的に観測した。また低分散な設計では、群屈折率を 20 に設定することで、従来の Si 変調器の 5 倍の変調効率を 16 nm という広い波長範囲で実証した。一方で、このような変調器の遮断周波数が 18 GHz に制限されることを測定し、その原因がスローライトと電気信号の速度差に起因した位相不整合にあることを見出した。そこで分布定数回路解析を行ったところ、メアンダライン電極という電気信号の遅延線と適切な遅延線を導入することでこの問題が

解決できることがわかり、遮断周波数は理論値で 50 GHz 以上、実測値で 38 GHz にまで向上した。これを単純な強度変調に適用したところ、駆動電圧 5 V 以上で、64 Gbps までの明瞭なアイ開口が確認され、電圧 3.5 V までアイ開口が維持された。また、強度多値信号である PAM-4 で変調を試みたところ、ノイズが多いものの、50 Gbaud, 100 Gbps のアイ開口が得られた。さらに単純な強度変調を縦列マッハツェンダー型合波器に通すことで、4 波長 50 Gbps の多重伝送におけるアイ開口も得られた。前者は同様の変調を 4 レーン並列で、後者は同様の変調を 8 波長で伝送することで、次世代 400 Gbps イーサネットに適用できる可能性を示した。また、同変調器の別の応用として、周波数変調連続波方式光レーダーへの適用を検討した。ここでは 2 個の変調器を組み合わせることで I-Q 変調器を構成し、光と電気信号の位相を最適化することで、片側波帯変調や周波数変調が可能なことを示し、遠方の物体を模擬したファイバ遅延線を用いて、光レーダー動作の実験的なシミュレーションを実施した。これらの成果と公表論文の状況より、本研究は博士論文として十分に価値があるものと判断された。