

位相モニタ集積光フェーズドアレイ素子の検証

Characterization of Optical Phased Array Chip with Integrated Phase Monitors

東大院・工 〇高橋俊, 福井太一郎, 田之村亮汰, 田口富隆, 小関泰之, 中野義昭, 種村拓夫

The Univ. of Tokyo, 〇Shun Takahashi, Taichiro Fukui, Ryota Tanomura, Yoshitaka Taguchi, Yasuyuki Ozeki, Yoshiaki Nakano, Takuo Tanemura

E-mail: shun.takahashi@hotaka.t.u-tokyo.ac.jp

1. 背景

光フェーズドアレイ (OPA: optical phased array) は, 光の位相を制御して多数のポートから出射することで光偏向を行う素子である. 従来の機械駆動型光偏向素子に比べて, コスト, 集積性, 高速性, 信頼性等の観点で期待されている[1-4]. 一方, OPA では, 作製誤差や使用環境による等価屈折率の揺らぎ, 及び, 隣接位相シフタ間の熱クロストーク等により, 各導波路中の光位相を決定論的に制御することは困難である[2,3]. そのため実用的には, 素子内に光位相モニタを集積し, 常時トラッキングと較正を行う必要がある[4].

本研究では, 位相モニタを集積した導波路数 16 の OPA 素子をシリコンフォトニクス回路路上に作製し, 光電流検出回路と信号処理システムを構築した. その結果, 十分な精度で光位相を検出できることを実証したので報告する.

2. 位相モニタ集積 OPA 素子の検証

位相モニタ集積 OPA 素子と実験系の概要を Fig. 1 に示す. OPA 内では, 入力光を 16 本の導波路に分配し, 各導波路に集積した熱光学位相シフタにより位相を制御した後, 回折格子カプラにより 90% の光パワーを上方に出射させる. 一方, 回折格子カプラを透過した 10% の光は, 隣接導波路間で干渉させた後に Ge フォトディテクタ (PD: photodiode) により受光する. 計 15 個の PD における光電流を外部回路により検出し, 処理することで全導波路間の光位相差を抽出する.

本実験では, OPA 上面から出射された光の遠視野像 (FFP: far field pattern) をカメラにより取得し, 位相モニタ結果と比較した. また, アレイ間隔依存性を効率良く検証するため, 回折格子カプラ間の距離を不等に変化させた OPA 素子を用いた. 不等間隔構造による高分解能化も見込まれる[5].

3. 実験結果

Fig. 2 に 5 つの偏向角 θ に出射光を偏向したときの FFP を示す. このとき, 幾つかの隣接導波路間について抽出された光位相差 $\Delta\phi$ を Fig. 3 に示す. 全ての場合について, 位相差が $\sin\theta$ に対して線形に変化し, 理論値と精度よく一致することが確認できる. 一方, Fig. 2 において良好なビーム形状が得られていない原因は, 回折格子カプラ部のバラツキに依るものと考えており, 素子の最適化により改善できると見込んでいる.

以上より, 位相モニタ集積 OPA 素子の実現可能性と有効性が示された.

謝辞: 本研究は, 文部科学省科学研究費補助金 (18H03769, 21J11982) の助成を受けて実施された.

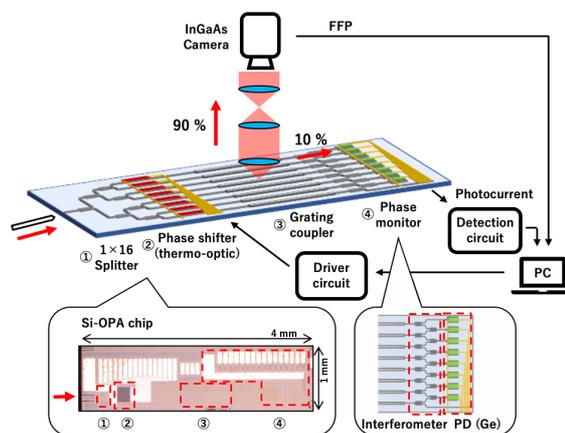


Fig. 1. Overview of experimental system.

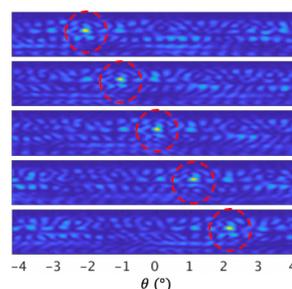


Fig. 2. Far-field patterns of the beam steered to five different angles.

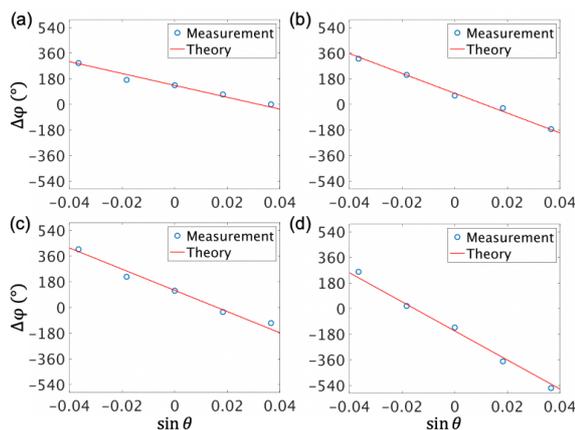


Fig. 3. Measured optical phase differences between adjacent waveguides with a pitch of (a) 18 μm , (b) 30 μm , (c) 32 μm , and (d) 44 μm when the beam is steered to five different angles.

参考文献

- [1] C. V. Poulton, et al., *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, **25**(5), 7700108 (2019). [2] Y. Kohno, et al., *Opt. Express*, **27**(3), 3817 (2019). [3] Y. Yang, et al., *Opt. Express*, **23**(13), 16890 (2015). [4] J. Kjellman, et al., *Proc. SPIE*, **11283**, 112830X (2020). [5] 福井 他, 応物秋 (2021).