

偏光依存光路長制御を用いたシングルショット強度輸送方程式法による空間直交振幅変調信号光検出

SQAM Signal Beam Detection by Single-shot Transport of Intensity Equation Method with Polarization Dependent Optical Path Length Control

福岡大院工¹, 福岡大工² (M1) 田代 和也¹, 文仙 正俊²

Grad. School of Eng., Fukuoka Univ.¹ Faculty of Eng., Fukuoka Univ.²

°Kazuya Tashiro¹, Masatoshi Bunsen²

E-mail: td202005@cis.fukuoka-u.ac.jp

1. 研究背景

近年, 新たな光記録媒体としてホログラフィックメモリが期待されており, 更なる大容量記録を実現可能な空間直交振幅変調 (SQAM) 法が広く研究されている[1]. 我々は, 強度輸送方程式 (TIE) 法と呼ばれる非干渉計測によって, 光波の回折強度像のみから SQAM 信号光の複素振幅を検出する方法について検討している. 本稿では, シングルショット TIE の実現を目的とし, 偏光に依存し光路差を生成する光学系と偏光子アレイ付きカメラを用いる光学システムを提案する. 本提案手法において偏光依存光路長制御に用いる空間光変調器 (SLM) のピクセルピッチに対する SQAM 信号光検出精度を数値シミュレーションにより調査する.

2. 偏光依存光路長制御法とシングルショット TIE 法

TIE法において, SQAM信号光の複素振幅は光軸方向に異なる距離を伝搬した2枚の信号光回折強度像を用いて検出できる. TIEは次の式(1)で表される[2].

$$\partial I(x, y; 0) / \partial z = -\nabla_{\perp} \cdot I(x, y; 0) \nabla_{\perp} \phi(x, y; 0) \quad (1)$$

k は波長, $\nabla_{\perp}$ は勾配演算子, $I(x, y; 0)$ と $\phi(x, y; 0)$ は $z = 0$ での光強度と光位相の分布である. 式(1)を $\phi(x, y; 0)$ について解くことで位相分布が求まる. Fig.1(a)に提案手法である偏光依存光路差生成の光学系と偏光子アレイ付きカメラを用いた強度輸送方程式法概念図を示す. 光路中の位相SLMには式(2)に示す自由空間伝搬の伝達関数の位相部を表示する.

$$H(f_x, f_y) = \exp(jkz) \exp[-j\pi\lambda\Delta z(f_x^2 + f_y^2)] \quad (2)$$

Fig.1(a)中のSLMは水平偏光成分のみを変調する. 従って位相SLMにおける変調位相に応じて, 垂直偏光成分に対して水平偏光成分には任意の光路差 Δz を与えることができる. 異なる光路長を伝搬した光波をマイクロ偏光子アレイ付きのカメラで撮像し, Fig.1(b)に示す偏光成分の分離・補間処理を経て生成した2枚の回折強度像をTIEに用いることで, 1枚の撮像画像からSQAM信号光の複素振幅の検出が可能となる.

3. 光路長制御用 SLM のピクセルピッチに対する位相復調精度の検討

光路長制御用 SLM のピクセルピッチがシングルショット TIE 法に及ぼす影響について数値シミュレーションにより検討する. Fig.2 に提案手法により検出された SQAM 信号光のコンスタレーションダイアグラムを示す. ピクセルピッチが小さいほど検出精度は向上し, $54.0\mu\text{m}$ 以下の場合にシンボル群の分離が可能となった. 現在市販されている SLM のピクセルピッチは $10\mu\text{m}$ 程度であり, 本提案手法の実施に十分適していると言える.

4. 結論

SQAM 信号光検出法として, 偏光依存光路長制御と偏光子アレイ付きカメラを用いたシングルショット TIE 法を提案し, 数値シミュレーションによりその実現可能性を示した. 実験による本手法の動作確認を今後の課題とする.

参考文献

- [1] M. Bunsen, et al., Opt. Express 27, 24029 (2019).
- [2] M. R. Teague, J. Opt. Soc. Am. 73, 1434 (1983).

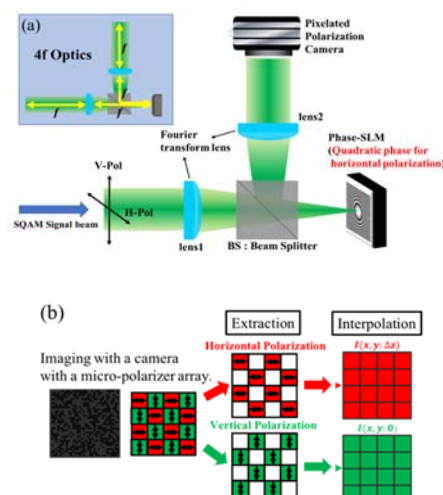


Fig.1 Conceptual diagram of single-shot TIE. (a) Polarization dependent optical path length control (b) Single-shot TIE by the camera with micro-polarizer array.

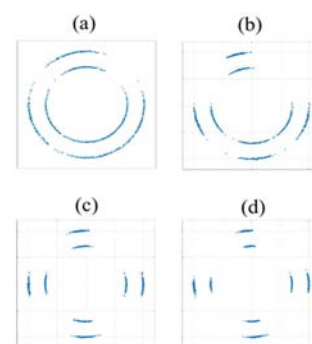


Fig.2 Constellation diagrams for various pixel pitches of phase SLM for optical path length control (N_p). (a) $N_p = 135\mu\text{m}$ (b) $N_p = 56.7\mu\text{m}$ (c) $N_p = 54.0\mu\text{m}$ (d) $N_p = 8.10\mu\text{m}$