

光コムによる全光ヒルベルト変換のための スペクトル干渉縞検出を用いたパルス位相差安定化法

Stabilization of pulse phase difference using spectral interference fringe detection for all-optical Hilbert transform with optical frequency comb

○(B) 森藤 環¹, 加藤 峰士^{1,2}, 寺田 和博^{1,2}, 美濃島 薫^{1,2}
電通大¹, JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ²

○(B) Tamaki Morito¹, Takashi Kato^{1,2}, Kazuhiro Terada^{1,2}, Kaoru Minoshima^{1,2}
The Univ. of Electro-Communications (UEC)¹,
JST, ERATO MINOSHIMA Intelligent Optical Synthesizer (IOS)²
E-mail: k.minoshima@uec.ac.jp

光を用いた 3 次元形状計測は、高速・高精度に非接触・非破壊な測定が可能のため、幅広い応用分野で需要がある。我々は、独自に開発したチャープした超短パルスを用いた時間・空間・周波数の多次元情報の超高速変換手法[1]を、制御性とコヒーレンスの優れたファイバレーザによる光コムに適用し、スペクトル干渉を用いて高精度・広範囲・高速測定、および sub- μm の不確かさが可能な 3 次元形状計測法を開発した[2, 3]。さらに、全光ヒルベルト変換による瞬時高解像度 2 次元分光法を新たに開発し、カメラ解像度のシングルパルス 3 次元形状計測手法を実現した[4]。

開発した全光ヒルベルト変換手法では、 90° の位相差をもつパルス対を 2 種類の参照光として用いて物体光と干渉させ光学的にヒルベルト変換を実現する。具体的には、光コムの制御パラメータである繰り返し周波数 f_{rep} とオフセット周波数 f_{ceo} を $f_{\text{rep}} = 4f_{\text{ceo}}$ に安定化制御することで、隣り合うパルスとの位相差が 90° となるパルス列を発生させ、それを分岐したのちに一方に 1 パルス分の遅延光路を設けることで安定な位相差パルス対を生成する。ここで、遅延光路長は環境要因により変動するため、高精度化にはさらなる位相安定化が必要という課題があった。

そこで本研究では、位相差パルスを参照光として 2 種類のスペクトル干渉信号を検出し、それらの干渉縞の相対位相差を直接検出してフィードバック制御を行うことで、目的とするスペクトル全域で精密に位相差が 90° のパルス列対を実現する手法を開発した。図 1 のように、位相差パルスをそれぞれ物体光に用いるチャープの異なるパルスと干渉させてスペクトル干渉縞信号を InGaAs ラインセンサで取得し、FPGA による演算によって干渉縞位相差を求め、その結果を制御信号として f_{rep} へフィードバックするシステムである。実際には図 2 のような光学系を構築することでスペクトル干渉信号を取得する。講演では、本手法による制御の詳細と評価について報告する。本研究は、JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ (JPMJER1304) の助成を受けた。

[1] K. Minoshima, H. Matsumoto, Z. Zhang, and T. Yagi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**, L1348–L1351 (1994).

[2] T. Kato, M. Uchida, and K. Minoshima, *Sci. Rep.*, **7**(1), 3670 (2017).

[3] T. Kato, M. Uchida, Y. Tanaka, and K. Minoshima, *OSA Continuum*, **3**(30), 20-30 (2019).

[4] T. Kato, M. Uchida, Y. Tanaka, and K. Minoshima, *CLEO2018*, STh3L.6: *CLEO2019*, SM2H.4.

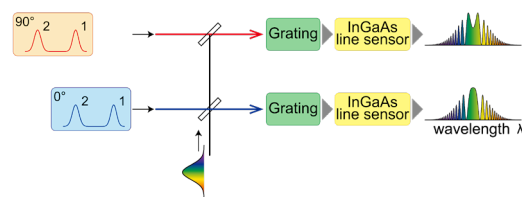


図 1 位相安定化法概念図

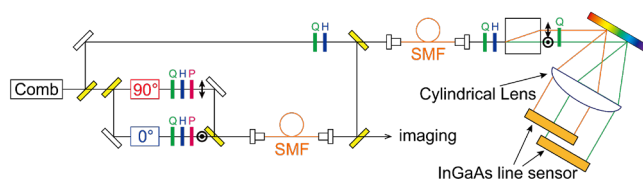


図 2 位相差パルスのスペクトル取得のための光学系