

スキャンレスデュアルコム分光イメージング法の提案

Proposal of a scan-less dual-comb spectral imaging method

○澁谷 九輝^{1,3}、南川 丈夫^{1,3}、水谷 康弘^{2,3}、安井 武史^{1,3}、岩田 哲郎^{1,3}

(1. 徳島大、2. 大阪大、3. JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ)

○Kyuki Shibuya^{1,3}, Takeo Minamikawa^{1,3}, Yasuhiro Mizutani^{2,3}, Takeshi Yasui^{1,3}, Tetsuo Iwata^{1,3}

(1. Tokushima Univ., 2. Osaka Univ., 3. JST, ERATO MINOSHIMA IOS)

E-mail: c501542003@tokushima-u.ac.jp, Web: http://www.me.tokushima-u.ac.jp/lightlab

1. はじめに

デュアルコム分光法 (Dual-comb spectroscopy: DCS) は、周波数が制御された超精密離散マルチスペクトルを高速に取得できるため、超精密光計測への応用展開が注目されている [1]。DCS では、パルス繰返し周波数が僅かに異なる 2 台の光コムを用い、機械的時間遅延走査なしに 2 光路間の相対的な振幅と位相の変化量をインターフェログラムとして取得できる。そのため、高周波数分解能と短時間測定との両立が可能である。DCS を分光イメージングに拡張できれば、従来は困難であった高周波数分解能をもつ分光イメージを現実的な測定時間で取得できるだろう。しかし、DCS では sub-GHz オーダのサンプリングレートでインターフェログラムを取得する必要があるため、通常のカメラを用いた平行な計測は困難であり、高速なシングルチャネル検出器を用いる必要がある。これまでに、DCS イメージングの先行研究として、点走査型 DCS イメージング法が提案されている [2]。しかし、機械的走査により画素毎に独立した計測が必要である。そこで、本研究では、時空間的に強度変調されたパターン照明光を用いるシングルピクセルイメージング (Single-pixel imaging: SPI) [3] に着目した。本報告では、SPI を用いたスキャンレス DCS イメージング法を提案し、実験による原理確認を行った結果を示す。

2. スキャンレス DCS イメージングシステム

図 1 に、SPI を用いた DCS イメージング光学系 (DCS-SPI) を示す。光源には、2 台のモード同期 Er ファイバー光コム (中心波長 1,550 [nm], 繰返し周波数 250 [MHz], モード同期周波数差 2,666 [Hz]) を用いた。ここでは、コム 2 の光路上に空間変調器を配置し、物体 (Sample) 面に時空間的に強度変調されたパターンを照射した。物体を透過した光は偏光ビームスプリッタ (PBS) によりコム 1 からの参照光と干渉し、差動検出器によりインターフェログラムとして取得される。取得したインターフェログラムをフーリエ変換することで、一連の照明パターンそれぞれに対応してスペクトルが得られる。

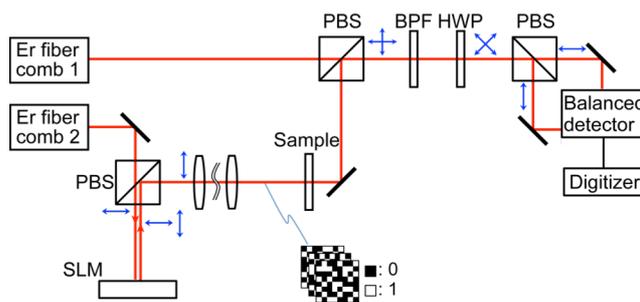


Fig. 1 Schematic diagram of a DCS-SPI system.

そのようにして得られた一連のスペクトルから、着目する特定の周波数 f のスペクトル成分のみを抜き出し、照明パターンとの相互相関を各画素毎に計算すれば、周波数 f の分光イメージが再構成できる。DCS は数万チャネルを有する光コムモード分解スペクトルを取得可能であることから、DCS-SPI は、原理的には数万カラーの超精密分光イメージを取得することが可能となる。

3. 相関型イメージングを用いた物体像の再構成

提案手法の原理確認のために、サンプルに透過型テストチャートを用いてイメージの再構成を行った。ここでは、再構成手法として計算機ゴーストイメージング (Computational ghost imaging: CGI) を用いた [4, 5]。CGI は、時空間的にランダムな強度変調照明光を用いた相関イメージング法である。図 2(a) に、測定対象として用いた透過型ターゲットを、(b) に取得した DCS スペクトルを、(c) および (d) に異なるスペクトルで再構成した像をそれぞれ示す。パターン照明の解像度は、 50×50 [Pixels]、積算回数 30,000 とした。測定結果より、DCS スペクトルに対応した再構成像が取得できていることが分かる。

今後は、分光イメージの取得だけでなく、位相スペクトルを用いた位相イメージの取得を目指す。

参考文献

- [1] 佐々田博之, 光学, **41**, 460 (2012).
- [2] T. Ideguchi et al., *Nature* **502**, 355-358 (2013).
- [3] J. A. Decker, *Appl. Opt.* **9**, 6, 1392-1395 (1970).
- [4] J. H. Shapiro, *Phys. Rev. A* **78**, 061802 (2008).
- [5] K. Shibuya et al., *Opt. Rev.* **22**, 6, 897-902 (2015).

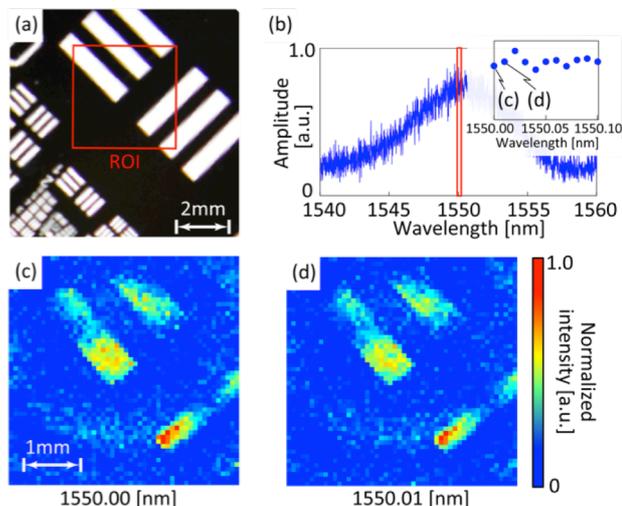


Fig. 2 (a) A USAF transmission type test chart used as a sample, (b) a DCS spectrum, (c) and (d) are images reconstructed at the wavelength of 1550.00 and 1550.01 nm, respectively, where $N=30,000$.