

デュアルコム分光ジョーンズ行列偏光計

Dual-Comb Spectroscopic Jones-Matrix polarimeter

徳島大¹ [○](D1) 是澤 秀紀¹, (M2) 前田 耕祐¹, 南川丈夫¹, 安井武史¹Tokushima Univ.¹, [○]Hidenori Koresawa¹, Kousuke Maeda¹, Takeo Minamikawa¹, Takeshi Yasui¹

E-mail: koresawa@femto.me.tokushima-u.ac.jp

https://femto.me.tokushima-u.ac.jp

ミューラー行列偏光計やジョーンズ行列偏光計は、旋光性や円二色性、複屈折性などの物質の光学特性を非接触・非破壊かつ高精度に解析、評価するために有効であり、がん細胞の評価、ナノ構造の評価、キラル物質の評価などの様々な分野に広く用いられている。これらの偏光計では、通常、機械的もしくは電気光学的な偏光変調を行いながらスペクトルを測定し、ミューラー行列やジョーンズ行列を決定している。機械的な偏光変調は装置の安定性に影響を与える上に測定時間を制限する。一方、電気光学変調器(EOM)や光弾性変調器(PEM)などを用いた偏光変調は、高速測定が可能であるが、波長依存性のため広帯域スペクトル光での測定に向かない上に、時間的な温度変化の補償が必要になるという問題点がある。このような偏光変調なしにワンショットでミューラー行列やジョーンズ行列を決定できれば、これらの問題を本質的に解決できる。

近年、光コムの特長を活かした分光法として、デュアルコム分光法(DCS)[1]が注目されている。DCS は繰り返し周波数 f_{rep} のわずかに異なる 2 台の光コムを光源に用い、これらを干渉させることでインターフェログラムを取得する。取得したインターフェログラムを高速フーリエ変換することで光コムの各モードが分離されたモード分解振幅スペクトルとモード分解位相スペクトルを取得できる。DCS は広帯域スペクトル/高速/高周波数分解能/高周波数確度という特長を有しているため、精密ガス分析[2]、ハイパースペクトルイメージング[3]などに応用されている。なかでも、DCS と偏光計測を組み合わせたデュアルコム分光偏光計(DCSP)[4,5]は、偏光変調を用いずにワンショットでジョーンズ行列を決定できる。これまでに分光エリプソメトリーによる薄膜解析[4]や動的偏光現象の時間分解測定[5]に適用され、従来法の限界を突破する可能性が示唆されている。

DCSP を用いるとサンプル透過後のジョーンズベクトルを偏光変調なしに決定できるので、インターフェログラム 1 周期内に異なる 2 つの偏光状態のパルスを生成して分光偏光解析すれば、偏光変調なしに 2×2 行列のジョーンズ行列をワンショットで求めることができる。DCSP をジョーンズ行列偏光計に応用することにより、従来法よりも高精度、広帯域かつ高速にジョーンズ行列を測定できる可能性がある。そこで、本研究では、DCSP を用いてワンショットでサンプルのジョーンズ行列を求め、サンプルの旋光性、円二色性、複屈折性などの光学特性評価に応用する。

図 1 に実験装置図を示す。ルビジウム周波数標準に位相同期した 2 台の光コムを光源に用いた。Signal comb から出射された光はビームスプリッター(BS)で 2 つの光路に分離され、それぞれ偏光子 P で 45° 直線偏光と 135° 直線偏光に設定され、BS で再び合波される。その後、サンプルを透過した光は Local comb と干渉され、1 周期内に 45° 直線偏光と 135° 直線偏光の 2 つのインターフェログラムを生成する。今回は、複屈折性サンプルとして 1550 nm の高次 $\lambda/4$ 波長板をジョーンズ行列を測定し、その結果と理論値を表 1 に示す。得られたジョーンズ行列は理論値と良好な一致を示していることを確認した。

本研究は、科研費・特別研究員奨励費 (20J23577) より支援を受けた。

Table 1 Experimental and theoretical value of Jones matrix

実験値	理論値
$\begin{bmatrix} -0.06 + 0.95i & 0.00 \\ -0.03 - 0.00i & 1.04 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} i & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

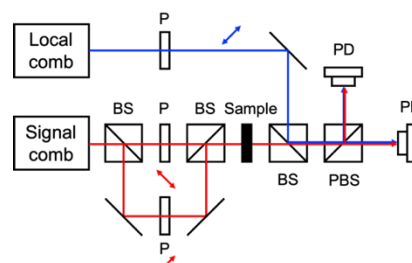


Fig.1 Experimental setup

- [1] I. Coddington et al., Optica 3, 414–426 (2016). [2] S. Okubo et al., APEX 8, 082402(2015).
 [3] K. Shibuya et al., Opt. Express 25, 21947(2017). [4] T. Minamikawa et al., Nat. Commun. 8, 610(2017).
 [5] H. Koresawa et al., Opt. Express 28, 23584(2019).