

四検光子型偏光解析装置の最適化

Optimization of a four-detector polarimetry

東北大理¹, 東北大高教セ² 鈴木 敏大¹, ○中山和之^{1,2}, 大野 誠吾^{1,2}, 石原 照也¹Dept. of Physics, Tohoku Univ.¹, CAHE, Tohoku Univ.²Toshihiro Suzuki¹, ○Kazuyuki Nakayama^{1,2}, Seigo Ohno^{1,2}, and Teruya Ishihara¹.

E-mail: kaznakayama@fukuoka-u.ac.jp

ポラリメトリー、エリプソメトリーは、偏光した光を対象に当て反射や透過を測定し、光の偏光状態にわずかに生じた振幅、位相の変化から対象の持つ光学的性質を計測する手法である。特にエリプソメトリーは最適な条件下では $0.1 \text{ \AA}$ 、即ち 1 原子層以下の膜厚感度を持つことが知られ、極限まで薄い積層膜の作製において極めて有用な手法である。これらの偏光解析法のひとつに四検光子型偏光解析法 (FDP) と呼ばれるものがある。FDP は偏光特性を持つ光学素子と四つの光検出器から構成され、可動部が無くエレクトロニクスによる制限だけを受けるため、原理的に他のあらゆる偏光測定法よりも高速な測定が可能である。また汎用の光学部品でコンパクトに構成可能であるため、実装や経済的観点からも優れた測定法である。このような優れた利点を持つ FDP であるが、現状十分にその性能を発揮していないと考えられる。

FDP では事前に既知の偏光を用いて FDP の偏光特性 (以下特性行列と呼ぶ) を求め、FDP によって測定されたデータから逆問題として対象とする光の偏光解析を行うものである。従来のアプローチでは、FDP を構成する光学素子によって自動的に決まる装置固有の特性行列 A を用いて偏光解析を行ってきた。与えられた FDP の特性行列によっては SN 比の観点から十分な計測結果を得ることができず、最も悪い条件下では、再現性のある解析結果さえ得ることができない。これは FDP を用いた偏光解析法が逆問題を解くということに関連しており、数学的には特性行列の行列式 $\det(A)$ の性質に強く依存するからである。我々は従来の FDP に $\lambda/4$ 波長板を二枚を追加することにより、任意の特性行列を構成することが可能であることを見出した。図 1 に改良された FDP 装置を示す。図 2 は特性行列を変化させた時の偏光状態 ρ の測定例であり、赤線は実験値、黒線はシミュレーションを示す。図 2 左側に示される最適化された FDP による計測結果がシミュレーションと極めて高い精度で一致する事が分かる。

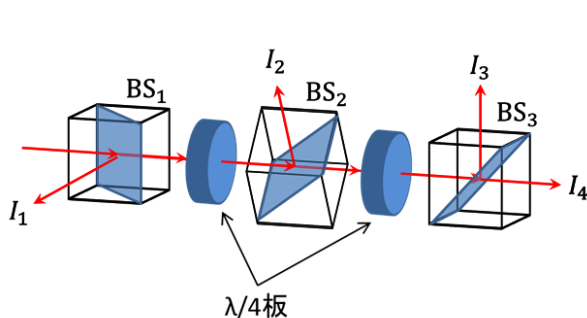


図 1: 改良された四検出器型偏光解析装置

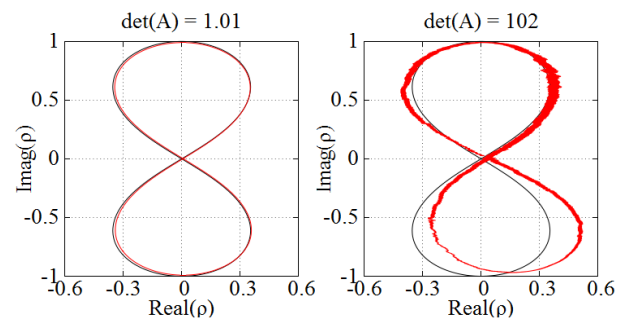


図 2: 異なる特性行列を持つ四検出器型偏光解析装置による偏光状態の計測