

高速測定のための疑似ノイズ変調を利用した 同時多波長光熱分光計測法の開発

Development of Pseudo-noise Multiplexing Technique for High-speed One-shot Multi-wavelength Photothermal Spectroscopy

東理大理¹, 電通大² ◯山田 弘夢¹, 瀬戸 啓介¹, 小林 孝嘉², 徳永 英司¹

Tokyo Univ. Sci.¹, Univ. Electro-Commun.²,

◯Hiromu Yamada¹, Keisuke Seto¹, Takayoshi Kobayashi², Eiji Tokunaga¹

E-mail: 1219539@ed.tus.ac.jp

光熱顕微鏡は、試料が吸収するポンプ光と、試料を透過するプローブ光を用いる。ポンプ光の吸収は試料を加熱し、局所的な屈折率変化、すなわち熱レンズを形成する。この熱レンズによるプローブ光の発散角変化を、適当な絞り等を用いて強度変化として検出する。またポンプ光の吸収スペクトルは、白色ポンプ光をモノクロメーターで波長掃引して得られる。一方で各波長のポンプ光に対して異なる変調をかける多重化により、波長掃引を必要としない高速な測定が実現可能である。ここで各波長に異なる周波数で変調をかける従来の周波数多重化法を光熱顕微鏡に適用すると、熱レンズの緩和が遅いため、変調周波数が高い成分ほどゲインが下がり、得られるスペクトルに歪みを生じる。この問題は、広帯域の周波数成分をもつ疑似ノイズを用いて、各波長のポンプ光を強度変調することで解消される。疑似ノイズの変調周波数帯域は各波長で同じで、ゲインが同一なためスペクトルの歪みを生じない。

我々は波長毎に異なる疑似ノイズパターンを与えるメカニカルチョッパーを用いて、白色ポンプ光を変調し、多重化する。プローブ光の検出信号は、ポンプ光の各波長に対する応答の総和となる。これに対して、ある波長を変調した疑似ノイズと相関をとることで、その波長に対する応答を多重分離する。相関器は、ハイパスフィルタ (HPF)、乗算器、積分器で構成される。複数の波長で並列的に多重分離すると波長掃引することなくスペクトルが得られる。

我々は上記のようなポンプ光多重化の原理実証として、ネオジムガラスの透過率スペクトルを測定した。透過率スペクトルの測定ではプローブ光を用いず、透過するポンプ光をプローブ光とみなす。HPF の遮断周波数を変えて 32 波長同時に測定した結果を Fig. 2 に示す。結果(1)は、実際のスペクトルから大きく歪んでいる。これは、HPF の遮断周波数が十分低くないために信号に位相遅れが生じたためである。結果(2)は、HPF の遮断周波数を 30 倍低くしたことで歪みが改善されている。

上記の方法による歪みの解消は、時定数が長くなる問題がある。また我々は積分器として、導入の簡単な受動ローパスフィルタを用いた。これは理想的な、時間に対して重みが一定の積分とは異なり、測定誤差を小さくするためには時定数を長くする必要がある。現在我々は、これらの問題を解消し、高速な測定を実現する方法を開発中であり、講演にて報告する予定である。

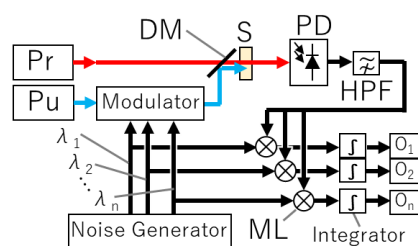


Fig.1 System for present spectroscopy. Pr: probe laser, Pu: white pump laser, S: sample, PD: photo diode, HPF: high-pass filter, ML: multiplier.

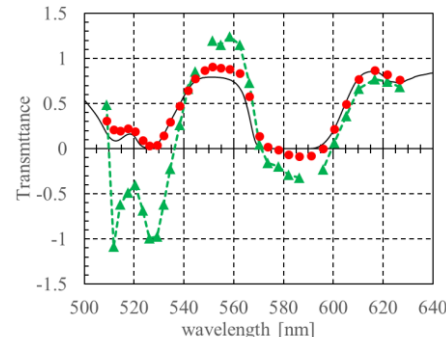


Fig.2 The transmission spectrum of neodymium glass. Black line: true spectrum, Green triangles and Red dots: spectrum demonstrating present spectroscopy, result (1) and (2).