

分光光熱顕微鏡のための疑似ノイズ波長多重化法における 同期フィルタを用いた高速化

Application of Synchroous Filters to Accelerate Pseud-random Wavelength Multiplexing/demultiplexing Processing for Spectral Photothermal Microscopy

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

試料の吸収によるコントラストを高解像で得る手段として光熱顕微鏡が知られている。ポンプ光を試料に吸収させ、局所的な温度上昇による熱レンズを形成する。この熱レンズをプローブ光の強度変化として検出する。ポンプ光波長を適当な手段で多重化することにより、吸収スペクトルが得られる。講演者らは多重化の方法として、波長毎に相関をほとんど持たない疑似乱数(M 系列)で多重化し、用いた M 系列で多重分離することで吸収スペクトルを得る方法を開発してきた(Fig. 1)。原理実証として白色ポンプ光の各波長に対して、波長ごとに異なる M 系列で振幅変調を与えたキャリアで強度変調するメカニカルチョッパーを用いて多重化した。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。その検出信号に対してキャリアでダウンコンバートしたあと、各波長を変調した M 系列と相関をとることで、それぞれの波長に対する応答を同時に多重分離する。

これまでの原理実証では次の信号処理をしてきた(Fig. 1)。強いプローブ背景光上の微小な変調を高いダイナミックレンジで検出するため、光検出信号の直流(DC)成分を受動ハイパスフィルタ(HPF1)で除去する。その後キャリアでダウンコンバートして M 系列による振幅変調信号を得る。用いた M 系列と DC 成分との乗算は、DC 成分を与える。この DC 成分を HPF2 で除去し、M 系列と乗算し、受動ローパスフィルタ(LPF)で時間平均をとる(Integrator)。これら HPF や LPF の時定数が短いと波形に歪を生じ、得られるスペクトルにクロストークを生じることが判明している。そこで時定数を疑似乱数系列の周期よりも十分長くすることで歪を軽減してきた。しかし時定数が長くなると、定常状態に達するまで時間を要し、高速な測定への障害となる。本講演ではこれら信号処理の部分を改善し、測定時間の短縮を原理実証する。

HPF1 は次のように改善した。リセット付積分器で光検出信号を M 系列の 1 周期分だけ積分・ホールドし、光検出信号から減算する同期フィルタとした。HPF2 に関しては、多重分離に用いる M 系列要素の+1 と-1 の波高比を調整し、フィルタ不要とした。さらに時間積分はリセット付積分器で、1 周期だけ積分するようにした。この改善で、HPF1 と時間積分の 2 周期で測定可能になった。この方法で取得した白色ポンプ光のネオジムガラスの透過率スペクトルの測定結果を Fig. 2 に示す。結果(1)は、測定時間を決定する HPF の緩和時間が M 系列 1.4×10^2 周期である従来の測定結果である。結果(2)は改善後の測定結果であり、測定時間は M 系列 2 周期分である。改善後も同程度の品質の透過スペクトルを取得できている。これは 70 倍の高速化である。

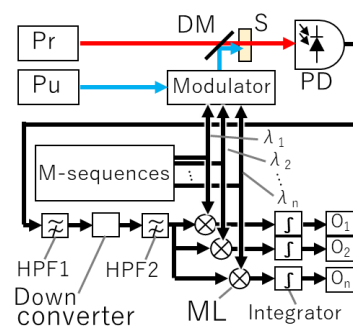


Fig.1 System for present spectroscopy. Pr: probe laser, Pu: white pump laser, S: sample, PD: photo diode, HPF1,2: high-pass filter, ML: multiplier.

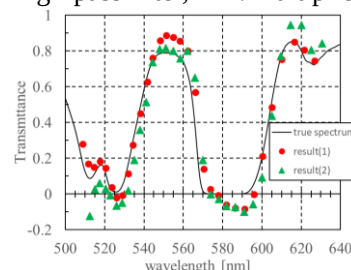


Fig.2 The transmission spectrum of neodymium glass. Black line: true spectrum, Green triangles and Red dots: spectrum demonstrating present spectroscopy, result (1) and (2).