

誘導ラマン分光顕微鏡用高速波長可変光源の群遅延補償

Group delay compensation of high-speed wavelength-tunable light source for stimulated Raman spectral microscopy

東大院工¹, 阪大院工² °徳永 京也¹, 能勢 啓輔², 小関 泰之¹

The Univ. of Tokyo¹, Osaka Univ.², °Kyoya Tokunaga¹, Keisuke Nose², Yasuyuki Ozeki¹

E-mail: tokunaga@ginjo.t.u-tokyo.ac.jp

誘導ラマン散乱(SRS)顕微鏡と高速波長可変光源の組み合わせによる分光イメージング法[1, 2]は、高速性と高い分子識別能を兼ね備えており、生体組織の無染色観察に有用である。この波長可変光源には群遅延の波長依存性(群遅延分散)が残留している[2]。このため、SRSを誘起する2色の光の時間的重なりが波長によって変化し、これがSRSスペクトルの形状に影響を与えることが懸念される。今回、波長可変性を拡大した光源[1]について群遅延分散を計測するとともに、その補償を行うことでSRSスペクトルの再現性が向上したので報告する。

波長可変光源では、広帯域 Yb ファイバレーザパルスのスペクトルの一部を波長可変光バンドパスフィルタ(OBPF)で切り出し、Yb 添加ファイバ増幅器(YDFA)で光増幅を行う。OBPFの構成を図1に示す。2枚の凸レンズからなる4f光学系にガルバノスキャナ(GS)とグレーティング(G)を配置し、リトロ回折光のみを光ファイバに結合させる。GSの角度を変えるとGへの入射角が変化し、これによって透過波長を制御できる。

この光源の群遅延を以下の手順で計測した。本光源を用いたSRS顕微鏡[1]において、もう一方の光源であるチタンサファイアレーザー側の光路長を0.5 mmずつ変化させながら、SRS分光イメージングを行う。試料はポリスチレンビーズである。分光像から独立成分分析によりラマンスペクトルを抽出する。特定波長における信号強度の光路長依存性に対しガウシアンフィットを行い、そのピーク位置から、2色のパルスの重なりが最大となる光路長を推定し、それを群遅延に換算する。

群遅延計測の結果を図2の三角印で示す。群遅延分散は0.20 ps/nmであり、従来構成[2]の3倍程度大きな値であることが分かった。また、この値はYDFAのファイバ長(~2 m)から推定される分散(~0.07 ps/nm)だけでは説明できないことから、Yb発振器の出力パルスが群遅延分散を有しているものと推定される。また、図3(a)に示すように、光路長変化に伴いSRSスペクトルが大きく変化することが分かる。

群遅延の波長依存性を補償するため、図1に示すようにGの位置を50 mm程度後方に移動させ、入射角に応じて光路長が変化するようにした[3]。その結果、群遅延の波長依存性は0.004 ps/nmまで低減された(図2丸印)。また、図3(b)に示すように、2色パルスの遅延差を変化させてもほぼ同一のラマンスペクトルが得られ、再現性が大きく改善された。講演では他の試料の計測結果も併せて報告する。

参考文献 [1] Y. Ozeki *et al.*, *Nature Photon.* **6**, 845 (2012). [2] Y. Ozeki *et al.*, *Opt. Lett.* **37**, 431 (2012). [3] K. Nose *et al.*, in preparation.

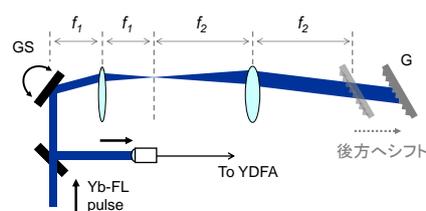


図1. OBPFの構成。

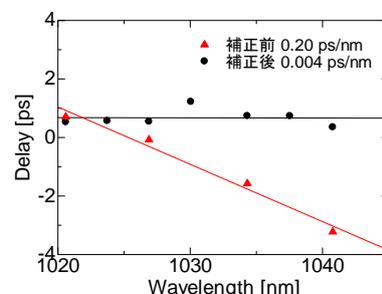


図2. 群遅延の計測結果。

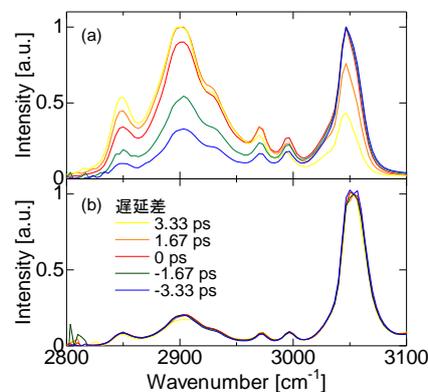


図3. ラマンスペクトル強度のディレイ依存性。最大強度で規格化した。(a) 補償前、(b) 補償後。