

1. 0.6- μm 帯利得スイッチング駆動 DFB-LD とチタンサファイアレーザーを用いた誘導ラマン分光イメージング

Stimulated Raman Spectral Imaging with a 1.06- μm Gain-Switched Distributed-Feedback Laser Diode and a Ti:sapphire laser

○徳永 京也¹、房 宜激²、草間 裕太²、横山 弘之²、小関 泰之¹ (1. 東大院工、2. 東北大 NICHe)

○Kyoya Tokunaga¹, Yi-Cheng Fang², Yuta Kusama², Hiroyuki Yokoyama², Yasuyuki Ozeki¹

(1.The Univ. of Tokyo, 2.Tohoku Univ.)

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

誘導ラマン分光(SRS)イメージング[1-4]は高速な無染色観察法として注目されている。SRS イメージングは2色の同期したピコ秒の光パルスが必要とする。そのような光源として固体レーザーや光パラメトリック発振器が使われてきたが、大型かつ高価である。近年、SRS イメージングの実用性を高めるために小型なファイバーレーザー(FL)の適用が進められている[5-7]。さらに小型かつ安価で長期安定性に優れた光源として、半導体レーザー(LD)がある。すでに、LDにより発生するCW光に対して光パラメトリック増幅によるパルス化を行う試みが報告されている[8]。今回、利得スイッチング駆動 LD (GS-LD) [9-11]とチタンサファイア(TiS)レーザーを組み合わせて SRS イメージングに成功したので報告する。

図1に実験系を示す。TiS レーザーパルスの一部をPDで受光し、その光電流をトグルフリップフロップ(T-FF)に入力する。T-FFの出力を電気パルスジェネレーターに入力することで得られる時間幅250 ps、繰り返し周波数38 MHzの電気パルスを用いてLDの利得スイッチング駆動を行った。GS-LD から得られる光パルスを、多段のYb添加ファイバ増幅器(YDFA)により増幅した。増幅後のGS-LDパルスの中心波長は

1060.4 nmであった。TiS レーザーの波長を手動で変化させて異なるラマンシフトのSRS像を取得した。

図2(a)-(e)にポリスチレン(PS)とポリメタクリル酸メチル(PMMA)ビーズのSRS像を示す。1枚あたりの画像取得時間は166 ms、視野は80×80 μm 、ピクセル数は500×500 pixelである。図2(f)に示したスペクトルは、図2(a)-(e)のSRS像の矢印で示した部分の信号強度を抽出したもので、2950 cm^{-1} と3050 cm^{-1} においてそれぞれPMMAとPSに特有のピークが確認でき、SRSイメージングに成功したことが分かる。今後、TiS レーザーをFLやGS-LDに置き換えることで、更なる実用性向上が期待される。

参考文献 [1] W. Min *et al.*, *Annu. Rev. Anal. Chem.* **62**, 507 (2011). [2] C. W. Freudiger *et al.*, *Science* **322**, 1857 (2008). [3] Y. Ozeki *et al.*, *Opt. Express* **17**, 3651 (2009). [4] B. G. Saar *et al.*, *Science* **330**, 1368 (2010). [5] K. Nose *et al.*, *Opt. Express* **20**, 13958 (2012). [6] A. Gambetta *et al.*, *Opt. Lett.* **35**, 226 (2010). [7] C. W. Freudiger *et al.*, *Nat. Photon.* **8**, 153 (2014). [8] T. Steinle *et al.*, *Opt. Lett.* **40**, 593 (2015). [9] H. -F. Liu *et al.*, *IEEE J. Quantum Electron.* **25**, 1417 (1989). [10] Y. Kusama *et al.*, *Opt. Express* **22**, 5746 (2014). [11] K. Kawakami *et al.*, *Biomed. Opt. Express* **6**, 891 (2015).

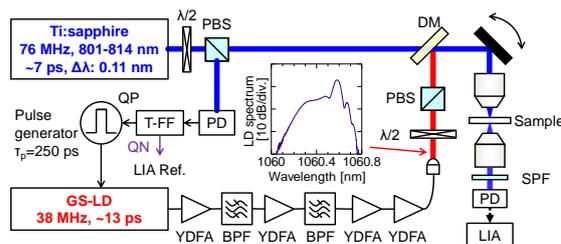


図1. 実験系。PBS:偏光ビームスプリッター、PD:光受光器、T-FF:トグルフリップフロップ、YDFA:Yb添加ファイバ増幅器、BPF:帯域通過フィルタ、DM:ダイクロイックミラー、SPF:短波長通過フィルタ、LIA:ロックインアンプ。

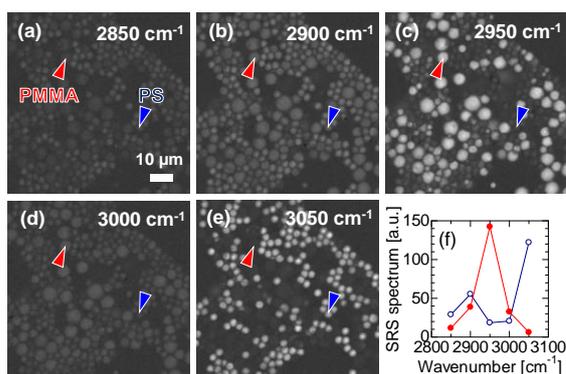


図2. PSとPMMAビーズの(a)-(e) SRS像と(f) スペクトル強度。ラマンシフトは(a) 2850 cm^{-1} 、(b) 2900 cm^{-1} 、(c) 2950 cm^{-1} 、(d) 3000 cm^{-1} 、(e) 3050 cm^{-1} 。(f) 赤 PMMA、青 PS。