

超高速広帯域フーリエ変換 CARS 分光

High-Speed Broadband Fourier-Transform CARS

○橋本 和樹¹、高橋めぐみ¹、井手口拓郎¹、合田圭介^{1,2,3} (1. 東大理、2. UCLA、3. JST)

○Kazuki Hashimoto¹, Megumi Takahashi¹, Takuro Ideguchi¹, Keisuke Goda^{1,2,3}

(1. UTokyo, 2. UCLA, 3. JST)

E-mail: nirajyu@chem.s.u-tokyo.ac.jp, ideguchi@chem.s.u-tokyo.ac.jp

ラマン分光法はラベルフリーで分子の振動情報を取得できる手法として、医療、生物学、産業など、さまざまな分野で利用されている。コヒーレントラマン分光法は自発ラマン分光法と比較して効率よくラマンシグナルを得ることができるため、信号取得時間を大幅に短くすることができる[1]。近年、 1000 cm^{-1} 以上の広帯域ラマンスペクトルを 1000 スペクトル/秒で連続取得する高速広帯域コヒーレントラマン分光法が開発されている[2]。

本研究では、フーリエ変換 CARS 分光法[3]に高速走査光遅延装置[4]を組みこむことで、従来のコヒーレントラマン分光法のスペクトル連続取得速度限界を克服し、 $24,000$ スペクトル/秒で広帯域ラマンスペクトルを取得する手法を開発した (Fig. 1)。フェムト秒パルスをもイケルソン干渉計に導入し、一方のアーム (走査アーム) の光路長を、 12kHz レゾナントスキヤナを用いた遅延光学系で高速掃引する。走査アームと参照アームのパルス光は合波された後にサンプルに照射され、1つ目のパルスが分子振動を誘起し、2つ目のパルスがそのインパルス応答をプローブする。生成したアンチストークス光の強度変化を単一光検出器によって時間の関数として検出する。検出された時間領域の CARS 信号 (インターフェログラム) をフーリエ変換することで、広帯域ラマンスペクトルが $24,000$ スペクトル/秒で取得可能となる。

本手法を用いて、 $24,000$ スペクトル/秒の速度で $200\text{-}1500\text{cm}^{-1}$ の広帯域トルエンスペクトルを連続で取得することに成功した (Fig. 2)。スペクトル分解能は 10 cm^{-1} であり、光遅延装置の光路差 1 mm に対応する。また、本システムの高速度の利点を示すために、化学物質の混合ダイナミクスの測定、高速流体中のマイクロ粒子のラマン分析、ハイパースペクトルラマン画像の短時間取得などの応用実験も行った。本手法は、ラマンイメージング、ラマンフローサイトメーターなど、バイオロジーやマテリアルサイエンスにおいて様々な応用に利用されることが期待される。

[1] Camp, C. H. Jr. & Cicerone, M. T., *Nat. Photon.* **9**, 295 (2015).

[2] R. Arora et al., *PNAS* **109**, 1151 (2011).

[3] Ogilvie, J. P. et al., *Opt. Lett.* **31**, 480 (2006).

[4] Liu, X. et al., *Opt. Lett.* **29**, 80 (2004).

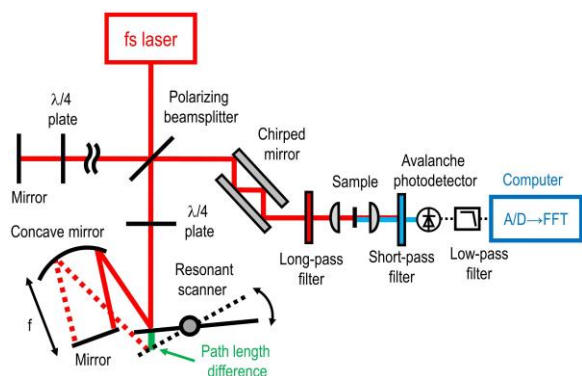


Fig. 1 Schematic of our rapid-scanning FT-CARS

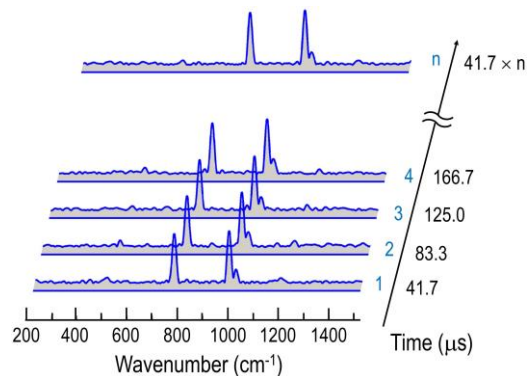


Fig. 2 Continuous CARS spectra of toluene