ナイキスト限界の高速広帯域フーリエ分光法

Nyquist-limited high-speed broadband Fourier-transform spectroscopy

東大理 [1], JAXA[2], JST さきがけ [3], ○橋本 和樹 [1,2], 井手口 拓郎 [1,3]

UTokyo[1], JAXA[2], PRESTO[3], ○Kazuki Hashimoto[1,2], Takuro Ideguchi[1,3]

E-mail: hashimoto@gono.phys.s.u-tokyo.ac.jp

フーリエ分光法(FTS)は広帯域・高分解能な振動スペクトル取得により分子を同定することが可能な分光法であり、その簡便さ・ロバストさから様々な分野に応用されている[1]。しかし、従来型 FTS は連続スペクトル取得レートが干渉計の走査ミラー掃引速度で律速されているため、ガスの吸収線を分解するのに十分な分解能と 10 kHz 以上の連続取得レートが必要となる燃焼などの非反復的な現象[2]の計測に対して不向きである[3,4]。デュアルコム分光法(DCS)はナイキスト限界のスペクトル取得レートを達成することで、従来型 FTS の連続スペクトル取得レートを劇的に向上させた[5,6]。しかし、DCS は従来型 FTS と比較して複雑かつ高性能なシステムが必要になる上、太陽光等のインコヒーレント光によるパッシブな分光に向かない[7]。

我々は従来型 FTS を再考し、ナイキスト限界レートで広帯域・高分解能なスペクトル取得が可能な位相制御型のフーリエ分光法(PC-FTS)を開発した(Fig.1 (a))[8]。近赤外 Er ファイバーレーザとポリゴンスキャナを組み込んだ PC-FTS を用いて、1.5 THz に渡る C_2H_2 ガスのスペクトルを、11.5 GHz の分解能、12 kHz のレートで取得し(Fig. 1 (b)(c))、従来型 FTS より約 1,000 倍以上のスペクトル取得レートを達成した。またスーパールミネッセントダイオードを用いた HCN のスペクトル取得を行い、本手法のインコヒーレント光源への適用性を示した。

本技術は分子の基準振動が分布している中赤外領域への適用も可能である。また、燃焼などの非反復的な現象の計測、環境ガスの短時間センシングなど、様々な応用展開が期待される。

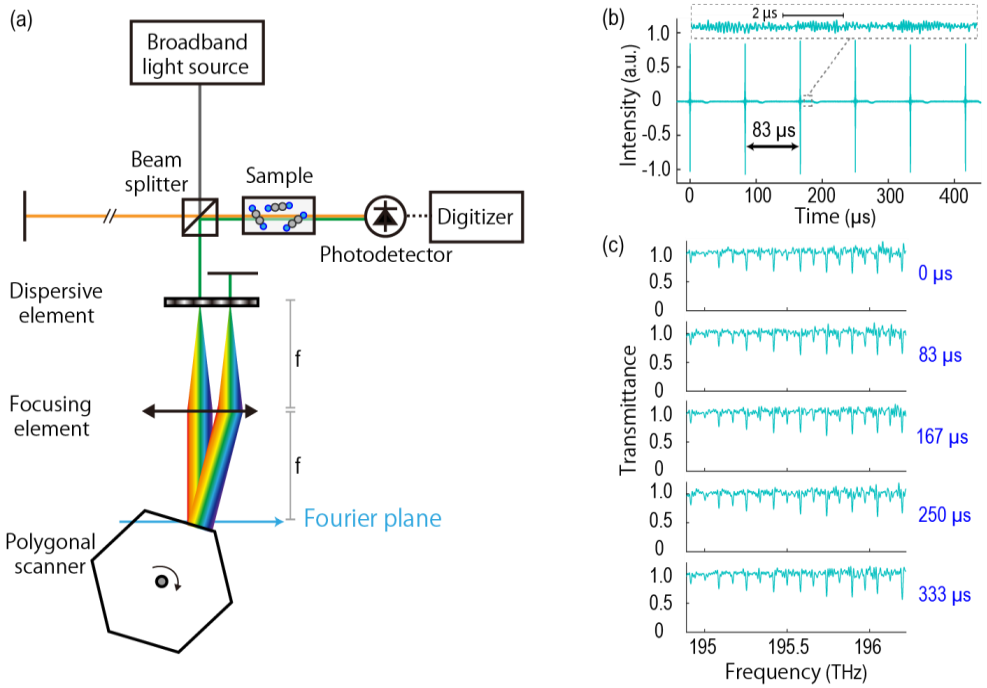

Fig. 1 PC-FTS. (a) Schematic of PC-FTS. (b) Sequential interferograms. An inset shows a molecular free-induction decay of C_2H_2. (c) Continuous spectra of C_2H_2 obtained at 12 kHz.

[1] P. R. Griffiths and J. A. De Haseth, (John Wiley & Sons Inc., 2007). [2] T. Werblinski et al, Appl. Opt. 56, 4443 (2017). [3] P. R. Griffiths et al, Vib. Spectrosc. 19, 165 (1999). [4] T. Häber et al, Phys. Chem. Chem. Phys. 1, 5573 (1999). [5] I. Coddington et al, Optica 3, 414 (2016). [6] T. Ideguchi, Opt. Photonics News 28, 32 (2017). [7] S. Boudreau and J. Genest, Opt. Express 20, 7375 (2012). [8] K. Hashimoto and T. Ideguchi, Nat. Commun. 9, 4448 (2018).

© 2019年 応用物理学会