

ガスセンシングに向けたシングルピクセル赤外分光イメージング

Single-pixel infrared hyperspectral imaging for gas sensing

東大理¹, JAXA², 阪大院情³, JST さきがけ⁴

○川合 暁¹, 橋本 和樹^{1,2}, 吉田 雄城¹, 堀崎 遼一^{3,4}, 井手口 拓郎^{1,4}

The Univ. of Tokyo¹, JAXA², Osaka Univ.³, PRESTO⁴

°Akira Kawai¹, Kazuki Hashimoto^{1,2}, Yuki Yoshida¹, Ryoichi Horisaki³, Takuro Ideguchi^{1,4}

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

気体分子の赤外分光イメージングは、環境測定・地球惑星科学・安全保障といった分野で活用されている[1]。現在広く用いられているのは、分散素子と2次元検出器アレイを組み合わせる線スキャンをする方法、あるいは、フーリエ分光と2次元検出器アレイを組み合わせる各ピクセルで干渉波形を測定しスペクトルを得る方式である。しかし、双方で使われている2次元赤外光検出器アレイは可視領域のSiベースのものに比べ開発が進んでいない。そのため一般にピクセル数が少なくコストも高くなるという問題がある[2]。

一方、検出器アレイを使わないイメージング手法として、シングルピクセルイメージングと呼ばれる技術が近年活発に研究されている。この技術では、Digital Micromirror Deviceなどの空間光変調器と単素子ディテクタを用いて、空間変調パターンと1次元測定データから2次元画像データを復元、取得する手法である。この手法は、低光量な状況において光利用効率を高くできること、測定対象の空間スパース性を仮定することで測定回数を圧縮できる可能性があること、などといった利点も持つ[3]。

我々は、フーリエ分光とシングルピクセルイメージング技術を組み合わせることで、単一受光素子による赤外分光イメージング技術を開発した[Fig. 1(a)]。本技術の原理検証として、InGaAs単素子ディテクタと185-201 THzの近赤外光源を用い、解像度テストチャートとHCNガスを組み合わせた試料において、ガス吸収線の分解に必要な10 GHzの分解能を持つ分光イメージング画像の取得に成功した[Fig. 1(b)]。本技術は中赤外領域への応用、高速フーリエ分光と組み合わせた高速化[4]、また赤外スペクトル領域のスパース性も活かした測定データの圧縮[3]など、様々な発展が期待される。

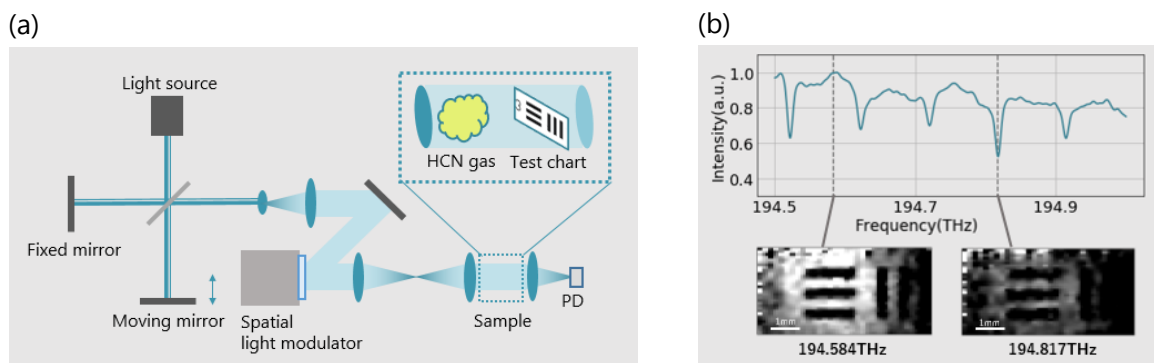


Fig. 1. Single-pixel infrared hyperspectral imaging. (a) Schematic of the system. (b) Hyperspectral images of a sample comprised of a test chart and a HCN gas cell. Upper panel shows a measured spectrum of HCN gas. Lower panels show sample images which correspond to frequencies at 194.584 THz with no molecular absorption and 194.817 THz with molecular absorption. The images, where the pixel counts are 32 x 64, were reconstructed from measurements with Hadamard patterns for spatially modulated illumination.

[1] Manolakis, D., Golowich, S., & Dipietro, R. S. IEEE Signal Processing Magazine, 31(4), 120–141. (2014)

[2] Graham M. Gibson *et al.* Opt. Express 25, 2998-3005 (2017) [3] Edgar, M. P., Gibson, G. M., & Padgett,

M. J. Nat. Photon., 13(1), 13–20. (2019) [4] Hashimoto, K., & Ideguchi, T. Nat. Commun., 9(1), 4448. (2018)