

気体を非線形媒質としたチャープパルス上方変換による 高速赤外スペクトル測定

Rapid acquisition of infrared spectra by using chirped-pulse upconversion with gases

分子研¹、香川大工²、台湾交通大³ ○藤 貴夫¹、野村 雄高¹、白井 英登¹、
香西 貴典²、中西 俊介²、王 昱庭³、簗下 篤史³、羅 志偉³

Institute for Molecular Science¹, Kagawa University², National Chiao Tung University³

○Takao Fuji¹, Yutaka Nomura¹, Hideto Shirai¹, Takanori Kozai², Shunsuke Nakanishi², Yu-Ting Wang³, Atsushi Yabushita³, and Chih-Wei Luo³

E-mail: fuji@ims.ac.jp

赤外領域では、多チャンネル検出器の性能が可視光領域と比べて非常に低いため、赤外分光は、高速で高分解能、広帯域のスペクトル測定には向いていなかった。その欠点を克服する方法としては、試料を通過した赤外光と近赤外光を混合させることによって可視光に変換し、それを高性能な可視光用分光器によって測定するという手法がある。近赤外光として、チャープパルスを利用した場合、この手法は、チャープパルス上方変換と呼ばれる。チャープパルスのパルス幅が長いほど、スペクトルの周波数分解能が高くなる。他研究グループによる以前の研究においては、固体結晶を波長変換媒質としていたため、一度に計測できるスペクトル幅は 1000cm^{-1} 以下であり、一般的な分光への実用性に乏しかった [Opt. Lett. **36** 187]。

本講演においては、赤外光から可視光への波長変換において、気体を非線形媒質として使用したチャープパルス上方変換について報告する。図 1(a) にその手法の概念図を示す。気体を非線形媒質とすることによって、帯域にほぼ制限のない波長変換が可能となり、広帯域、高分解能の高速赤外スペクトル計測が可能となった。

赤外光源は、フィラメンテーション法 [Opt. Express **20** 24741, Appl. Sci. **3** 122] によって発生したコヒーレントな広帯域中赤外光パルス (6.9fs 、 $0.5\mu\text{J}$ 、 ω_0) を用いた。このパルスと、パルス圧縮する前のチタンサファイアレーザーの出力 (10ps 、 0.1mJ 、 ω_1) を重ね合わせて、キセノンガスに集光することで、四光波混合過程 ($\omega_1 + \omega_1 - \omega_0 \rightarrow \omega_2$) によって、可視光に変換した。計測されたスペクトルを図 1(b) に示す。中赤外光が空气中を 1.5m ほど通過したことによる炭酸ガス (2400cm^{-1}) や、水蒸気 (1800cm^{-1} 、 3700cm^{-1}) の吸収線が高い分解能で観測されていることがわかる。結果として、 $200\text{--}5500\text{cm}^{-1}$ の周波数範囲、 2cm^{-1} の分解能で、赤外スペクトルを 1ms (単一ショット) で計測することに成功した。このような高速な赤外スペクトルの測定は、従来のフーリエ分光器では不可能であり、今後、この手法が、赤外分光において、重要な存在になることが期待される。

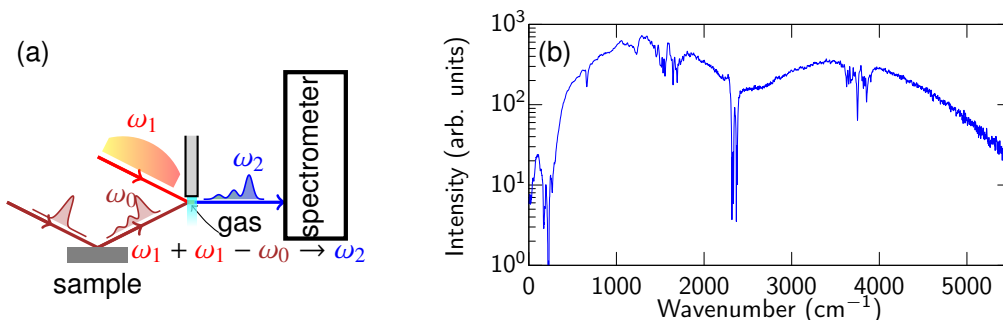


図 1: (a) チャープパルス上方変換の概念図。(b) チャープパルス上方変換によって計測された赤外スペクトル。