

超広帯域赤外パルスで分子振動を制御する

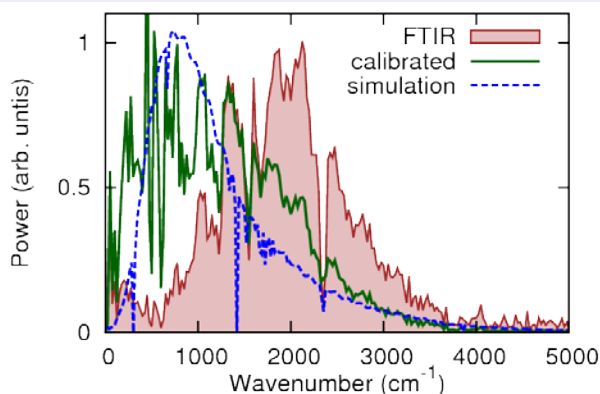
～QUADRA-IR の開発目的と現状～

QUADRA-IR at IMS: Objective and Present Status

QUADRA-IR とは、赤外白熱ランプと同等のスペクトル幅をもったレーザー(コヒーレント光)を発生する光源である。そのような光源ができれば、分子の回転、振動準位の存在だけでなく、個々の振動の相関を測定するような分光が可能となり、分子構造について従来よりもはるかに多くの情報を得ることができる。さらに、広帯域スペクトルのそれぞれの波長の位相をそろえることによって、10 フェムト秒程度の超短光パルスにすることができ、その時間スケールでの分子のダイナミクスを直接測定することが可能となる。また、振動電場が半周期しか存在しないような光パルスをつくることが可能となり、分子配向の制御に使用することもできる。

具体的には、3 μm から 100 μm まで広がった広帯域コヒーレントスペクトルを発生し、スペクトル幅、パルス幅、ビームプロファイルなどの評価などを行い、分光に使用可能な高品質赤外コヒーレント光源を開発する。広帯域スペクトルを発生するレーザーは、気体を媒質とした波長変換を使って実現することを計画している。これまでの研究によって、3–7 μm 程度まで広がったコヒーレント光源が実現されている¹⁾。QUADRA-IR では、その発生手法を進展させ、さらに広帯域なスペクトルの発生を目指す。

2011年3月から光源のチタンサファイアレーザーが導入され、その波長変換によって、少なくとも3–20 μm まで広がったスペクトルが測定された。分光器の感度補正によって、100 μm 程度まで広がっていることがわかった。今後は、パルスの評価を行うことを計画している。



QUADRA-IR is an ultra-broadband coherent light source, which covers the entire far- and mid-infrared region. Such a light source preserves great significance not only in measurements of various transitions corresponding to molecular vibration and rotation, but also in measurements of correlations among the absorption lines. Consequently, much detailed information about molecular structure is obtained. Moreover, ultrashort pulses with duration <10 fs can be obtained by coherently superimposing infrared wave in the whole spectral region. By utilizing the pulses, it is possible to observe molecular structural change within sub 10 fs time scale. Additionally, the electric field with the 10 fs pulse envelope does oscillate only in a half of the wave cycle. The resultant asymmetric electric field can control orientation of molecules.

In more details, we plan to generate high quality ultra-broadband coherent light which covers from 3 μm to 100 μm , to characterize the pulse as precise as possible, and to apply the pulse to new molecular spectroscopies. To construct such an extremely broadband infrared light source, we plan to use wavelength conversion with a gas medium.¹⁾ In March 2011, a Ti:Sapphire amplifier system was installed in Institute for Molecular Science, and the experiment has just started. The spectrum obtained through the wavelength conversion of the Ti:sapphire laser output is shown in Fig. 1. The spectrum basically covers from 3 μm to 100 μm . The next step is precise characterization of the generated pulses in time and spatial domain.

Fig. 1: A typical spectrum of the mid-infrared pulse generated through the four-wave rectification process (filled curve, Brown). The solid line (Green) shows a spectrum after sensitivity calibration. The dotted line (Blue) shows a spectrum obtained from three-dimensional numerical simulation.

Reference

- 1) T. Fuji and T. Suzuki: Opt. Lett. **32** 3330-3332 (2007).