

長寿命中間体観測のための紫外低繰り返しフェムト秒パルス光源の開発

Development of Ultraviolet Femtosecond Pulsed Laser with Low-Repetition-Rate for

Observing Long-Lived Intermediates

明大院理工 ○(M2) 肥沼 慎太郎、 鈴木隆行

Meiji Univ. ○Shintaro Koinuma, Takayuki Suzuki

E-mail: suzuki@meiji.ac.jp

光励起後の発光による緩和過程には、蛍光のほかに長寿命な燐光が知られている。燐光の寿命は、励起状態のスピン三重項状態を経由し、基底状態のスピン一重項状態との間で禁制遷移となるために長い。燐光はその寿命の長さから様々な応用が期待されるが、光励起は同一のスピン多重項間で起こるため、初期励起過程から三重項状態を光学的に効率よく得ることは簡単ではない。これまで、効率的に燐光を起こす物質の開発が、主に材料合成の観点から行われており、様々な分子構造や、使用核種について議論されてきている。我々は、このような長寿命中間体の反応過程を直接調べ、その生成機構を明らかにすることを目指している。従来、このような中間体の観測には過渡吸収 (Transient Absorption: TA) 分光法が持ちいられ、それぞれの中間体が持つ固有の経時吸収スペクトルを見ることでその同定、生成量の定量、そして寿命の測定などが行われてきた。核の運動は一般にフェムト秒のオーダーであるが、中間体の寿命はマイクロ秒からミリ秒である。従って、フェムト秒パルス光でありながらマイクロ秒からミリ秒程度の長い時間領域を観測できるようなレーザー光源が必要となる。また、可視光で燐光を示す物質の励起波長は一般に紫外域なので、紫外の超短パルス光を用いる必要がある。これらのことを総合すると、繰り返される光パルス間の時間間隔が少なくともマイクロ秒以上である、紫外域のフェムト秒パルス光源が必要となる。このような光を得るためにはフェムト秒光パルスの再生増幅器と第二高調波発生を利用するのがもっとも単純な発想であるが、装置が大掛かりになる上に波長を変えるためには光パラメトリック発振器などさらに違う構成を用いなければならない。そこで本研究では、数十 MHz の繰り返し周波数を持つ通常の近赤外のフェムト秒パルス発振器の出力を用い、その間引きと波長変換を同時かつ簡単に実現するため、安価な低繰り返しナノ秒パルスレーザー光との和周波発生(Sum Frequency Generation:SFG)を利用した光源開発を目的とする。

Fig. 1 が本光学系の概略図である。パルス幅約 100 fs、繰り返し周波数約 80 MHz、中心波長 800 nm のフェムト秒パルス発振器を用い、パルス光に同調した 80 MHz 電気信号を自作の電気回路によって 50 kHz に分周している。その信号をナノ秒パルスレーザー(中心波長 640 nm、パルス幅 < 6 ns)のトリガーとし、出力パルス光をフェムト秒光パルスと同軸にして BBO 結晶(1 mm)に入射した。BBO 結晶からの出力を分光器で観測した結果を Fig. 2 に示す。スペクトル上には 355 nm をピークとする SFG が確認でき、理論値である 355.6 nm とほぼ一致している。このピークはナノ秒光パルスが存在し、なおかつフェムト秒光パルスと時間的に重なった時にのみ発生することを確認した。SFG のスペクトルの半値全幅は 4.83 nm であり、分光器の装置幅 1.5 nm を考慮すると、SFG のバンド幅は 3~4 nm ほどである。この結果からフーリエ変換限界のパルス幅を見積もるとおよそ 60 fs となる。SFG の繰り返し周波数は、トリガー入力 of 50 kHz となっており、紫外域への波長変換と光パルスの間引きを同時に達成できた。

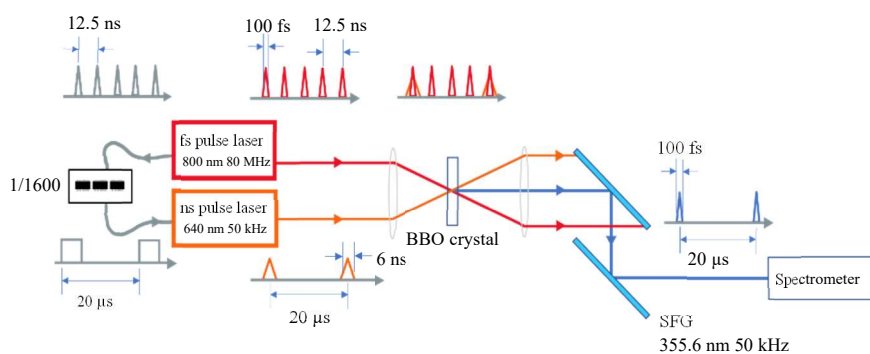


Fig.1 光学系概形

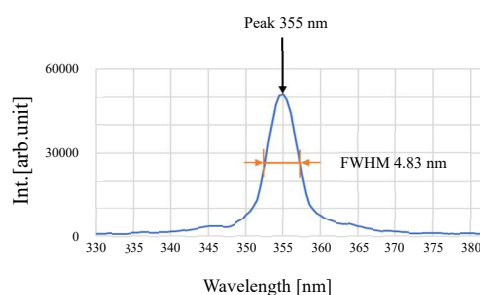


Fig.2 SFG スペクトル