

回転量子状態を選別した気体分子のレーザー電場のない状況下での 3 次元配向制御 Laser-field-free three-dimensional orientation of rotational-quantum-state-selected gas-phase molecules

東大院理,^{○(M2)} 武井 大祐, 文 堤會, 峰本 紳一郎, 酒井 広文

Graduate School of Science, The University of Tokyo

^{○(M2)} Daisuke Takei, Jehoi Mun, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai

E-mail: takei@light.phys.s.u-tokyo.ac.jp

通常様々な方向を向きながら高速で回転運動している気体分子について、その向きを規定する 3 つのオイラー角のすべてを固定することを 3 次元配向制御と呼ぶ。分子の向きが完全に規定された試料を用意することができれば、分子構造に由来する様々な現象を直接解明することができ、分子科学研究に大きく貢献できると期待される。私たちは先に、静電場と楕円偏光した非共鳴レーザー電場を併用して 3 次元配向制御に成功した[1]。配向した分子試料を精密分光等の応用研究に利用する観点からは、レーザー電場のない状況下で分子を配向制御できることが望ましい。その方法として私たちは、レーザー光をそのピーク強度付近で急峻に遮断するプラズマシャッター技術を用いてパルス整形を行うことにより、レーザー電場のない状況下で配向制御する手法を提案し[2]、既に 1 次元配向制御に成功している[3]。一方、分子は初期回転量子状態に依存して配向する向きが異なるため、双極子モーメントが互いに反対方向を向く状態が混在している thermal ensemble では配向度を向上させることが難しい。この困難を克服するため、電場勾配を利用して初期回転量子状態を選別する分子偏向器を開発し、最近配向度の向上にも成功した[4]。今回、初期回転量子状態を選別する技術とプラズマシャッター技術を組み合わせることにより、レーザー電場のない状況下で高い配向度をもつ 3 次元配向制御に初めて成功した。

分子偏向器を用いて回転量子状態を選別した 3,4-ジブromoチオフェン($C_4H_2Br_2S$)分子を試料とし、パルス整形した楕円偏光のレーザーパルスによって 3 次元配向制御を実現した。“断熱的”に分子を 3 次元配向させた後、プラズマシャッター技術により、配向用のレーザーパルスを立ち下がり~150 fs で急峻に遮断した。遮断前後の分子の配向度は、プローブ光のフェムト秒パルスにより試料分子をクーロン爆裂し、生成されたフラグメントイオン (S^+ と Br^+) を速度マップ型のイオン画像化装置で観測した。Fig. 1 に示すように、0 ps で急峻にレーザーパルスを遮断した後、5 ps 程度高い配向度が維持され、その後 30~40 ps で無配向の状態へと緩和していく様子が分かる。また、配向用のレーザー光を急峻に遮断するタイミングを変えることにより、dephasing のダイナミクスがレーザー光の瞬時強度に依存することも確認できた。

本研究は、科学研究費補助金の特別推進研究「配向制御で拓く分子の新しい量子相の物理学」(課題番号 21000003、研究代表者: 酒井広文)に加え、文部科学省「光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」、及び、「最先端研究基盤事業 コヒーレント光科学研究基盤の整備」からの支援も受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

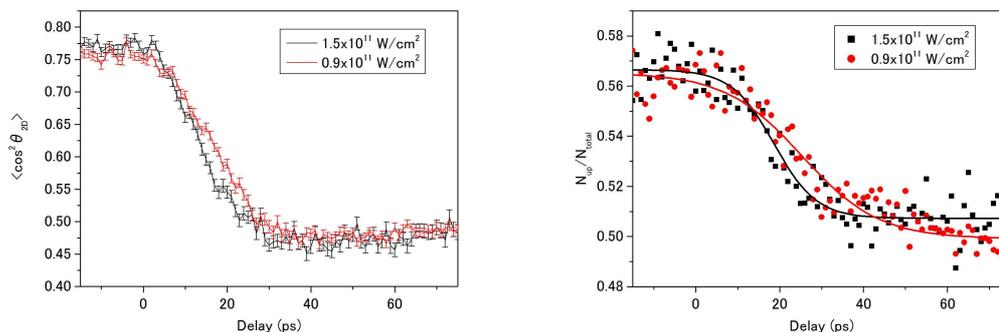


Fig. 1 : Temporal evolutions of $\langle \cos^2 \theta_{2D} \rangle$ and up-down asymmetry evaluated by the images of Br^+ ions produced from rotational-quantum-state-selected 3,4-dibromothiophene molecules.

- 1) Haruka Tanji, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. A **72**, 063401(2005).
- 2) Yu Sugawara, Akihisa Goban, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. A **77**, 031403(R) (2008).
- 3) Akihisa Goban, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. Lett. **101**, 013001 (2008).
- 4) 武井 大祐, 文 堤會, 峰本 紳一郎, 酒井 広文, 「回転量子状態を選別した気体分子のレーザー電場のない状況下での配向制御」、2013 年第 73 回応用物理学会春季講演会 27p-D2-6.