

## 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 state-selected gas-phase molecules

東大院理,<sup>○(M2)</sup>武井 大祐, 文 堤會, 峰本 紳一郎, 酒井 広文

Graduate School of Science, The University of Tokyo

<sup>○(M2)</sup>Daisuke Takei, Jehoi Mun, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai

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

私たちは分子配向制御(分子の頭と尾を区別して向きを揃える手法)の新手法の開発とその実用化を目標に研究を進めている<sup>[1]</sup>。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で、分子構造に由来する様々な現象にまつわる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 次元配向を実現している<sup>[2]</sup>。

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<sup>[3]</sup>、既に 1 次元的な配向制御に成功している<sup>[4]</sup>。

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 では配向度の向上が難しい。その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<sup>[5]</sup>。

今回、レーザー電場のない状況下で高い配向度をもつ 3 次元配向制御の実現を目標として、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た実験を進めている。分子偏向器を用いて回転量子状態を選別した 3,4-ジブロモチオフェン( $C_4H_2Br_2S$ )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する。試料分子の瞬間的な配向状態は、プローブ光のフェムト秒パルスにより分子をクーロン爆裂させ、生成されたフラグメントイオン ( $S^+$  や  $Br^+$ ) を速度マップ型のイオン画像化装置で観測する。

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。

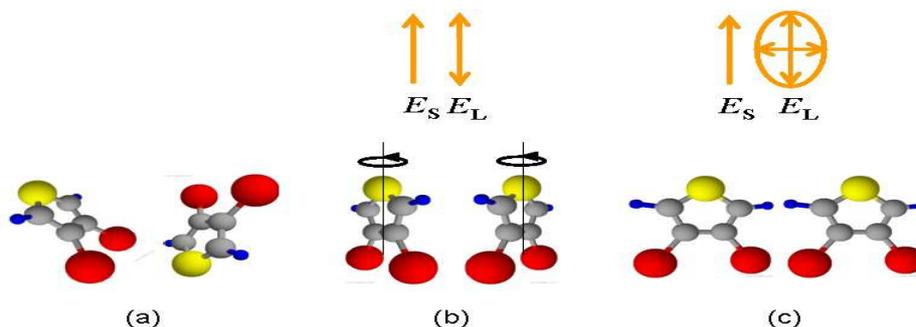


Fig.1. Illustrations of orientation states of 3,4-dibromothiophene molecules: (a) random orientation (b) one-dimensional orientation with  $E_S$  (electrostatic field) and linearly polarized  $E_L$  (laser field), and (c) three-dimensional orientation with  $E_S$  and elliptically polarized  $E_L$ , respectively.

[1] Hirofumi Sakai, J. Vac. Soc. Jpn. (真空) **53**, 668 (2010) and references therein.

[2] Haruka Tanji, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. A **72**, 063401(2005).

[3] Yu Sugawara, Akihisa Goban, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. A **77**, 031403(R) (2008).

[4] Akihisa Goban, Shinichirou Minemoto, and Hirofumi Sakai, Phys. Rev. Lett. **101**, 013001 (2008).

[5] 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.