

3A07

## 数サイクルレーザーパルスによって誘起される $C_2D_2$ からの $D^+$ 放出過程の搬送波位相依存性

(東大院理<sup>1</sup>、Institut fuer Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universitaet<sup>2</sup>、Photonics Institute, Vienna University of Technology<sup>3</sup>、Department of Physics, Politecnico di Milano, National Research Council of Italy, Institute of Photonics and Nanotechnologies<sup>4</sup>)  
三浦 瞬<sup>1</sup>、安藤 俊明<sup>1</sup>、大高 一樹<sup>1</sup>、岩崎 純史<sup>1</sup>、Xu Huailiang<sup>1</sup>、沖野 友哉<sup>1</sup>、山内 薫<sup>1</sup>、Hoff Diminik<sup>2</sup>、Rathje Tim<sup>2</sup>、Paulus Gerhad G.<sup>2</sup>、Kitzler Markus<sup>3</sup>、Baltuska Andrius<sup>3</sup>、Sanzone Giuseppe<sup>4</sup>、Nisoli Mauro<sup>4</sup>

### Carrier-envelope phase dependence of $D^+$ emission from $C_2D_2$ induced by few-cycle laser pulses

(University of Tokyo, School of science<sup>1</sup>、Institut fuer Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universitaet<sup>2</sup>、Photonics Institute, Vienna University of Technology<sup>3</sup>、Department of Physics, Politecnico di Milano, National Research Council of Italy, Institute of Photonics and Nanotechnologies<sup>4</sup>)

Shun Miura<sup>1</sup>、Toshiaki Ando<sup>1</sup>、Kazuki Ootaka<sup>1</sup>、Atsushi Iwasaki<sup>1</sup>、Huailiang Xu<sup>1</sup>、Tomoya Okino<sup>1</sup>、Kaoru Yamanouchi<sup>1</sup>、Dominik Hoff<sup>2</sup>、Tim Rathje<sup>2</sup>、Gerhad G. Paulus<sup>2</sup>、Markus Kitzler<sup>3</sup>、Andrius Baltuska<sup>3</sup>、Giuseppe Sanzone<sup>4</sup>、Mauro Nisoli<sup>4</sup>

【序】レーザーを集光することによって生じる強光子場( $\sim 10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>)中において、分子はイオン化し、クーロン爆発することが知られている。中でも、パルス幅が 5 fs 以下の数サイクルパルスを用いた研究において、パルスの搬送波位相 (Carrier-envelope phase, CEP) によって、イオンの生成量が変化することや、放出されるフラグメントイオンの放出方向に非対称性が現れることが報告されている [1]。本研究では、重水素化アセチレン( $C_2D_2$ )のクーロン爆発による重水素イオン放出の CEP 依存性を観測することにより、2つの C-D 結合の非対称な切断の CEP による選択性を調べた。

【実験】フェムト秒チタンサファイアレーザーからの出力 (5 kHz, 0.6 mJ, 800 nm) を Ar ガス(0.45 atm) を充填した中空ファイバー(内径 330  $\mu$ m, 長さ 1.5 m)に集光し、ウェッジ板とチャープミラーを用いて分散を補償することで数サイクルパルスを得た。得られた数サイクルパルスを 2 つに分割し、一方を位相メーター [2]に導入して、パルス幅と相対 CEP ( $\phi_r$ ) のシングルショット測定をおこなった。この時に得られたパラメトリック非対称プロットを図 1 に示す。この結果からパルス幅は 4.5 fs 程度と見積もられた。また、分割した数サイクルパルスのもう一方を、真空チャンバー中で集光ミラー( $f = 150$  mm)

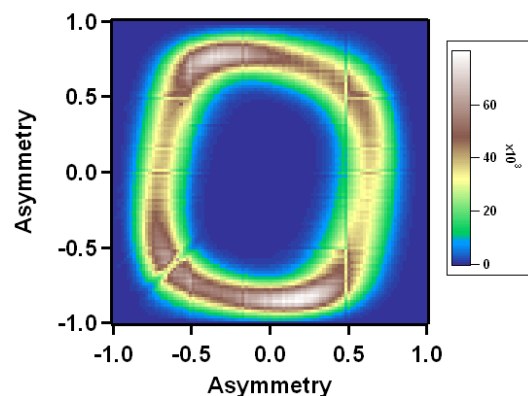


図 1: 今回の実験におけるパラメトリック非対称プロット

を用いて重水素化アセチレンを真空中に噴出し分子線とした試料に集光した。集光点におけるパルスエネルギーは  $60 \mu\text{J}$ 、であり、集光強度は  $0.2 \text{ PW}/\text{cm}^2$  となる。生成したイオンを電場によって引き出し、2次元位置敏感検出器によって検出することによって、放出運動量を決定した。この位相メータとイオンの放出運動量をレーザーショットごとに同期して計測することによって、各 CEP に対応するイオンの放出運動量を調べた。

【結果と考察】図 2 に、得られた重水素イオン ( $\text{D}^+$ ) の運動量画像を示す。内側の運動量分布は 1 価の親イオン ( $\text{C}_2\text{D}_2^+$ ) の解離に由来し、外側の  $38 \text{ u m/s}$  付近のピークは 2 価の親イオンのクーロン爆発過程に由来する  $\text{D}^+$  放出である。外側のピークについて図中の黒線で囲まれた部分のシグナル強度をそれぞれ  $I_{upper}$ ,  $I_{lower}$  とし、その放出方向の CEP 依存性を議論するため、放出の非対称性パラメータを、

$$P_{asym} = \frac{I_{upper} - I_{lower}}{I_{upper} + I_{lower}}$$

と定義すると、その CEP 依存性は図 3 のようになる。この図から、2~3 % 程度の非対称性が生じることが明らかになった。このとき、ウェッジ板を用いて、試料に集光するパルスの群遅延を変化させることで、位相メータとイオン検出器中のパルスの相対 CEP を変化させて測定を行った。その結果、このプロットはシフトし、この非対称性が CEP によるものであることが確かめられた。

今回の実験結果は、 $\text{D}^+$  原子の放出方向の偏光軸方向に対する異方性が CEP によって依存することを示している。本実験条件では、トンネルイオン化によって放出された電子が親分子イオンに再散乱する過程を経て、2 価の親分子イオンが生成されると予想される [3]。したがって、観測された CEP 依存性は、レーザー電場によって分子内の電荷分布に偏りが生じ、その偏りによって非対称となった 2 つの C-D 結合の内の一つが選択的に切断されることを示している。

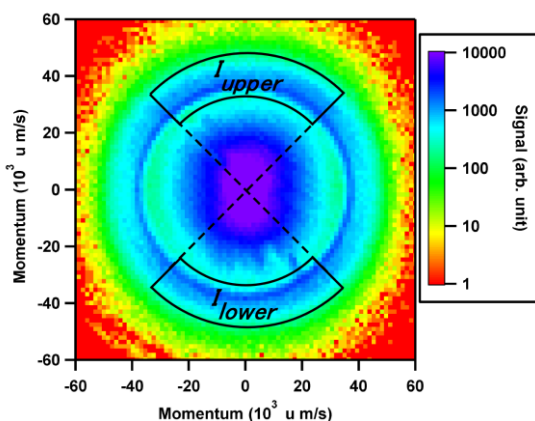


図 2:  $\text{C}_2\text{D}_2$  から放出された重水素イオンの運動量画像 ( $4.5 \text{ fs}$ ,  $0.2 \text{ PW}/\text{cm}^2$ )

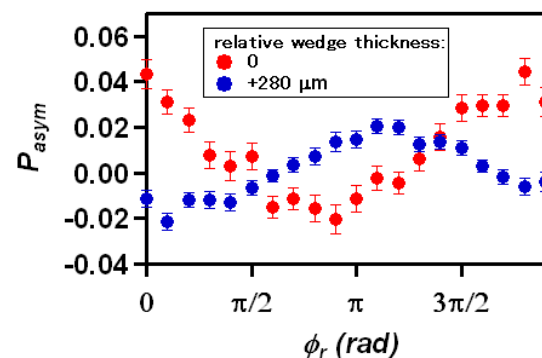


図 3: 異なるウェッジの厚みにおける  $\text{D}^+$  放出の非対称性の相対 CEP による変化

#### 【参考文献】

- [1] M. F. Kling, *et al.* Science **312**, 246 (2006)
- [2] T. Wittmann, *et al.* Nature Physics **5**, 357 (2009)
- [3] S. Voss, *et al.* J. Phys. Chem. **37**, 4239 (2004)