

1P021

**アセチレン分子のクーロン爆発過程における数サイクルパルスの
搬送波包絡線位相依存性**

(東大院理¹、Institut fuer Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universitaet²、
Photonics Institute, Vienna University of Technology³、Department of Physics, Politecnico di
Milano, National Research Council of Italy, Institute of Photonics and Nanotechnologies⁴)
三浦 瞬¹、安藤 俊明¹、大高 一樹¹、岩崎 純史¹、Huailiang Xu¹、沖野 友哉¹、山内 薫¹、
Dominik Hoff²、Tim Rathje²、Gerhad G. Paulus²、
Markus Kitzler³、Andrius Baltuska³、Giuseppe Sanzone⁴、Mauro Nisoli⁴

**The carrier envelop phase dependence of few-cycle laser pulses on Coulomb explosion
processes of acetylene molecules**

(University of Tokyo, School of science¹、Institut fuer Optik und Quantenelektronik,
Friedrich-Schiller-Universitaet²、Photonics Institute, Vienna University of Technology³、
Department of Physics, Politecnico di Milano, National Research Council of Italy, Institute of
Photonics and Nanotechnologies⁴)
Shun Miura¹、Toshiaki Ando¹、Kazuki Ootaka¹、Atsushi Iwasaki¹、Huailiang Xu¹、Tomoya
Okino¹、Kaoru Yamanouchi¹、Dominik Hoff²、Tim Rathje²、Gerhad G. Paulus²、
Markus Kitzler³、Andrius Baltuska³、Giuseppe Sanzone⁴、Mauro Nisoli⁴

【序】近年、強レーザー場中における分子のダイナミクスに関する研究において、数サイクルパルスによる分子の応答に関心が寄せられている。実際、数サイクルパルスの搬送波包絡線位相 (CEP) の依存性から、原子や分子のイオン化や解離過程についての新たな知見が得られつつある[1]。本研究では、高強度数サイクルパルスによって誘起される C₂D₂ のクーロン爆発過程における CEP の依存性を調べた。

【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 μm, 長さ 1.5 m) に集光してスペクトル幅を広げ、位相分散をチャープミラーとウェッジ板を用いて保証することにより数サイクルパルスを得た。この数サイクルパルスを、ビームスプリッターにより分割し、一方をシングルショット位相メーター[2]に導入してレーザーショットごとに CEP を測定した。また、分割した数サイクルパルスのもう一方を、運動量画像計測装置内に導入し、集光ミラー ($f = 150$ mm) を用いて重水素化アセチレン分子線に集光 (集光強度: $\sim 3.4 \times 10^{14}$ W/cm²) した。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。この位相メーター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 1 に、得られた重水素イオン (D⁺) の運動量画像を示す。外側の 30 u m/ms ~ 50 u m/s 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 D⁺ 放出に帰属される。このピークについて、上下方向のシグナル強度をそれぞれ I_{upper} , I_{lower} とし、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 2 のようになり、2~3 % 程度の非対称性が生じることが明らかになった。図 2 には、親イオン $C_2D_2^+$ の平均放出運動量も CEP に対して示した。 D^+ 放出の非対称性は、 $C_2D_2^+$ の平均運動量に対して逆位相の CEP 依存性を示した。この関係は、ウェッジ板を用いて位相メーター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ても変化しなかった。

今回観測された D^+ 放出の非対称性は、2 価の親イオンのクーロン爆発過程において、2 つの等価な C-D 結合の切断に選択性が生じたことを示している。これは、2 価イオン生成後のレーザー電場により分子内の電子密度に偏りが生じ、2 つの C-D 結合の強度が非等価となったためと考えられる[3]。この結果は、数サイクルパルスの位相によって、切断される化学結合を選択できる可能性を示している。

また、電子のトンネルイオン化確率は ADK 理論による式に従い、かつイオン化後の電子のレーザー電場中での運動は古典的であると仮定し、再散乱過程による解離性 2 価イオンの収量の非対称性パラメータを計算し、その CEP 依存性を求めた。その結果、図 3 のように、sin 型に近いパルスにおいて、非対称性が生じていることが示された。このことは、実測の非対称性は、数サイクルパルスによって引き起こされる再散乱によって 2 価イオン化が起こった結果であることを示唆している。

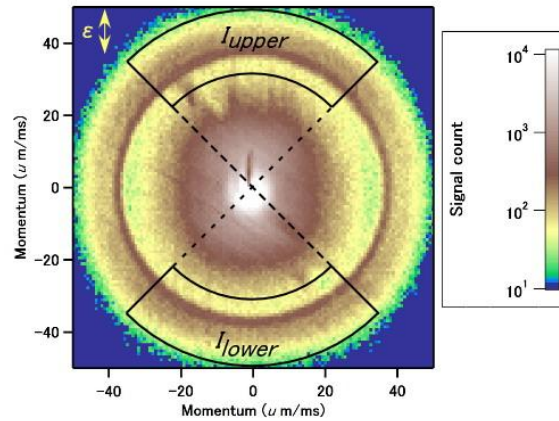


図 1: C_2D_2 から放出された重水素イオンの運動量画像(4.5 fs, 0.34 PW/cm^2)

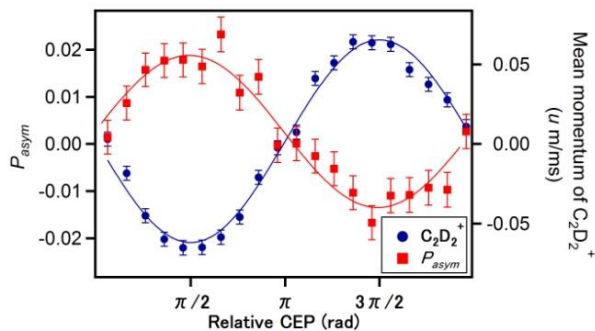


図 2: D^+ 放出の非対称性と $C_2D_2^+$ 放出の平均運動量の相対 CEP に対する変化

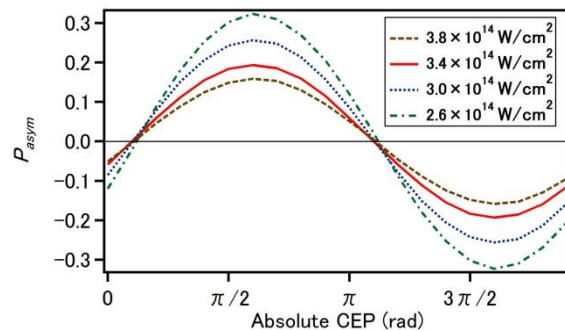


図 3: 再散乱過程による解離性 2 価イオン化生成から得られる非対称性

【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] E. Loetstedt, *et al.*, *J. Chem. Phys.* **138**, 104304 (2013).