

4P020

極短パルス強レーザー場における CS₂ 分子の再衝突多重イオン化過程

(¹名大院理, ²理研) ○松田晃孝¹, 高橋栄治², 菱川明栄¹

Recollision induced multiple ionization of CS₂ in ultrashort intense laser fields

(¹Grad. School. of Sci., Nagoya Univ., ²RIKEN Center for Advanced Photonics)

○Akitaka Matsuda¹, Eiji J. Takahashi², Akiyoshi Hishikawa¹

【序】 近年、強レーザー場における電子のイオン化とその再衝突過程は、高次高調波発生による軟 X 線の発生や、電子線回折による構造解析などの新しい研究に利用され、注目を集めている。一方で、電子再衝突過程は強レーザー場における原子の 2 重イオン化において重要な役割を果たしていることが古くから知られている [1]。さらに、最近では強レーザー場における原子の多価イオン生成においても電子再衝突により非段階的多重イオン化が起っていることがイオン運動量画像計測によって示されている [2]。本研究では、分子のイオン化ダイナミクスの時間スケールがクーロン爆発における全解離運動エネルギーに反映されることに着目し(図 1(a)), 分子の多重イオン化ダイナミクスの解明を目的として CS₂ 多価イオンからのクーロン爆発における全解離運動エネルギーのレーザー場強度依存性を観測した。

【実験】 チタンサファイアレーザー再生増幅器(40 fs、800 nm、1 kHz)からの出力を、Ar ガスを充填した中空ファイバーに導入し、自己位相変調によりスペクトルの広帯域化を行った。ファイバーからの出力をチャープミラーによる分散補償により圧縮し、パルス幅 9 fs の高強度極短レーザーパルスを得た。これを超高真空チャンバーに設置した凹面鏡($f = 75$ mm)を用いて集光し、分子線として導入された CS₂ と相互作用させた。強レーザー場におけるクーロン爆発, $\text{CS}_2^{z+} \rightarrow \text{S}^{p+} + \text{C}^{q+} + \text{S}^{r+}$ ($z = p + q + r$), により生成した解離イオンはコインシデンス運動量画像法[3]を用いて計測し、解離イオンの質量 m_i , 運動量ベクトル p_i ($i = 1 \sim 3$)を用いて全解離運動エネルギー E_{kin} , $E_{\text{kin}} = \sum |p_i|^2 / (2m_i)$, を求めた。

【結果】 CS₂⁵⁺および CS₂⁶⁺からのクーロン爆発, $(p, q, r) = (2, 1, 2), (1, 2, 2), (2, 2, 2)$, において得られた全解離運動エネルギースペクトルのピーク位置 E_{kin} を、純粋なクーロンポテンシャル上で爆発が起きたとき得られる全解離運動エネルギー E_{CE} で規格化した値のレーザー場強度依存性を図 1(b)に示す。それぞれのクーロン爆発過程において、レーザー場強度の増加とともに 1×10^{15} と 2×10^{15} W/cm² の間の強度において解離運動エネルギーが不連続にシフトしていることから、この強度の前後において多重イオン化ダイナミクスが大きく変化していることが示唆される。レーザー場強度の強い領域(I)においては $E_{\text{kin}}/E_{\text{CE}} > 0.8$ であることから、分子構造変形が起る前に速やかに多重イオン化し、クーロン爆発したことを示している。一方で、弱い強度領域(II)においては $E_{\text{kin}}/E_{\text{CE}} \leq 0.7$ であることから、多重イオン化過程において分

分子構造変形が起ったことを示唆している。 $\text{CS}_2 \rightarrow \text{CS}_2^{z+} + e^-$ におけるトンネルイオン化電子の再衝突エネルギー $3.2U_p$ (U_p : ポンデロモータビリティエネルギー) と、 CS_2^{5+} および CS_2^{6+} への直接多重イオン化エネルギー $I_p(\text{CS}_2^{z+})$ ($z = 5, 6$) を比較すると、領域(II)においては $I_p(\text{CS}_2^{z+}) < 3.2U_p$ ($z = 5, 6$) となり電子再衝突による非段階的多重イオン化が起こり得る一方で、領域(I)においては $3.2U_p < I_p(\text{CS}_2^{z+})$ ($z = 5, 6$) となることから、非段階的直接多重イオン化が起らずに図 1(a) に示すように分子構造変形を伴いながら段階的に多重イオン化が起こっていることを示唆している。

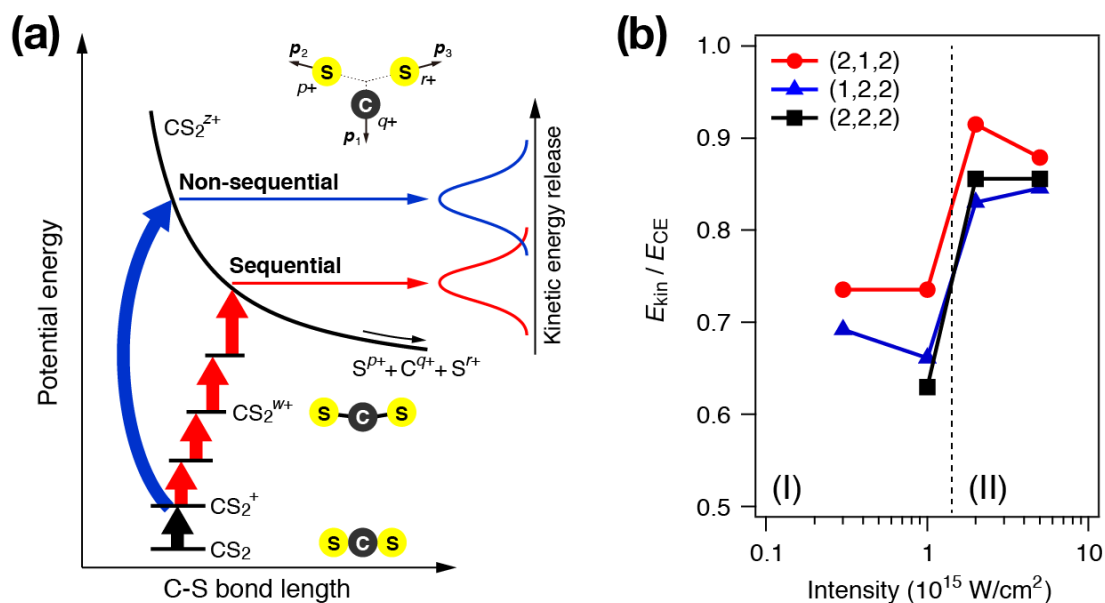


図 1 (a) 強レーザー場における分子多重イオン過程モデル。(b) CS_2^{5+} および CS_2^{6+} からのクーロン爆発における全解離運動エネルギースペクトルのピーク位置のレーザー場強度依存性

【参考文献】

- [1] B. Walker *et al.*, Phys. Rev. Lett. 73 (1994) 1227.
- [2] A. Rudenko *et al.*, J. Phys. B 41 (2008) 081006.
- [3] H. Hasegawa *et al.*, Chem. Phys. Lett. 349 (2001) 57.