

アト秒多原子分子ダイナミクスのポンプ・プローブ計測のための フラグメント分解運動量画像法の開発

Development of Fragment-resolved Momentum Imaging Method for Attosecond-pump and Attosecond-probe Measurement of Polyatomic Molecules

○ 沖野 友哉^{1,2}、鍋川 康夫¹、緑川 克美¹(1. 理研光量子, 2.JST さきがけ)

○ Tomoya Okino^{1,2}, Yasuo Nabekawa¹, Katsumi Midorikawa¹ (1.RIKEN RAP, 2.JST PRESTO)

E-mail: tomoya.okino@riken.jp

【序】高強度のアト秒パルスを用いたポンプ・プローブ法によって二原子分子の量子波束の時間発展をフラグメントイオンの運動量画像の時間変化として観測することが可能となっている^{1,2}。しかし、従来のイオン運動量画像法では、最終段に時間分解能を有さない検出器が用いられるため、複数のフラグメントイオンの運動量画像を同時に観測することができず、多原子分子系においては、フラグメントイオンの種類だけの繰り返し計測を必要とした。本研究では、分子内の電荷マイグレーション過程をアト秒パルスを用いたポンプ・プローブ計測にて明らかにするための要素技術である、全てのフラグメントイオン種の運動量画像を同時に観測することが可能な計測手法であるフラグメント分解運動量画像法の開発を行った。

【原理】荷電粒子の位置検出装置の場合、位置検出で用いられるフォスファースクリーンの蛍光寿命 (P47: 約 100 ns) で時間分解能が制限される。実際には、蛍光画像を観測するカメラに時間分解能が無い場合、MCP 検出器にゲート電圧を印加することで単一のフラグメントイオン種の運動量画像を観測することが行われる。本研究では、図 1(a) に示すような 2 台のカメラと透光性セラミック PLZT を用いた光強度時間変調装置 1 台を用いることで、フラグメントイオンの検出器への到着時間を抽出し、全フラグメントイオン種の運動量画像の同時観測を実現する。

フラグメントイオンの到達時間に対応するように光強度を単調に変調する。PLZT 素子の前後には偏光子をクロスニコル配置で設置しており、光強度変調素子の透過光強度は $I_0 = I_1 \sin^2(-kV^2)$ (k : PLZT の特性定数、 V : 印加電圧) で与えられる。MCP の電子増倍率は広い分布を有するため、2 台のカメラを用いて 1 台の運動量画像を参照信号として用いることで蛍光強度の比率 $J(x, y) = I_1(x, y)/I_2(x, y)$ を用いる。

【実験と結果】フラグメントイオンの検出器への到着時間は約 10 μs であり、光強度をこの時間スケールで時間変調する必要がある。光電子増倍管を用いて観測を行った光強度変調素子の透過光強度の時間応答は図 1(b) に示すとおりであり、消光比は 1000:1 以上である。例えば、二酸化炭素分子のフラグメントイオン (C^+ , O^+ , CO^+) の到着時間と、透過光強度は図 1(b) に示すように 1 対 1 対応が取れており、全種のフラグメントイオンの運動量画像が同時に観測可能であることを示している。

[1] Y. Nabekawa *et al.*, *Nat. Commun.* **6**, 8197 (2015).

[2] T. Okino *et al.*, *Sci. Adv.* **1**, e1500356 (2015).

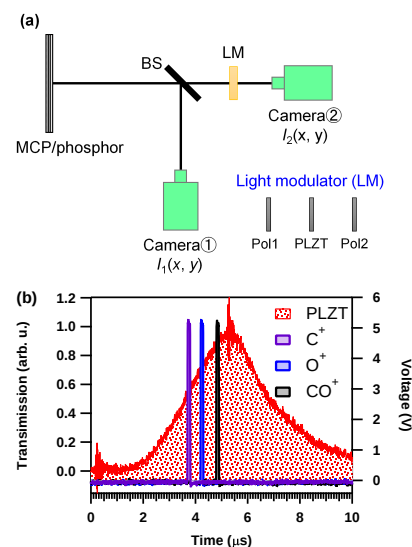


図 1: (a) フラグメント分解運動量画像法の概念図、(b) 光強度変調素子の透過光強度と CO_2 分子のフラグメントイオンの飛行時間