

4P130

自己相関測定による XFEL 光のキャラクタリゼーションと分子科学への応用

(東大院理¹, 理研², NTT 物性研³, 原子力機構⁴, 慶大理工⁵, 高エネ研⁶)

○佐藤 堯洋¹, 沖野 友哉¹, 山内 薫¹, 緑川 克美², 中野 秀俊³, 山川 考一⁴, 神成 文彦⁵, 柳下 明⁶

[はじめに] 近年、強光子場中における分子との相互作用の観測において、極端紫外域から硬 X 線領域にわたるコヒーレント光源を用いた計測が期待されている。それらの領域における光源として高次高調波、X 線自由電子レーザー (XFEL)、プラズマ X 線レーザー等の研究開発が進められ、各光源特有の特長を備えている。その中で、XFEL は、硬 X 線領域における強度の面において、最も有望とされ、日本、米国、欧州で 2009~2011 年を目標として建設が進められており、現在各プロジェクトからは発振波長を極端紫外から真空紫外域としたプロトタイプ機を用いた研究結果が報告されている[1]。

XFEL では、極端紫外域において、その輝度が極めて高いことから、これまでの光源では到達することができなかつた非摂動領域に達することが期待され、ポンププローブ実験を始めとして高フォトンエネルギーを持つ強光子場と分子との相互作用に新たな展開を開くことができると考えられている。

一方で XFEL 光は、光としての特性 (パルス幅、コヒーレンス、出力安定性) に関しては未知の部分が多く、利用研究に関して先行するヨーロッパ (DESY) のプロジェクトにおいてもビームのキャラクタリゼーション法の確立には至っていないのが現状である。

我々は理研播磨にて建設された発振波長 60 nm のプロトタイプ XFEL 機の光の特性を明らかにするため、パルス計測として、高強度の極端紫外 FEL 光と分子との 2 次の非線形相互作用である 2 光子過程による自己相関計測を提案し[2,3]、その予備実験として Ti: Sapphire レーザーを用いて、分子の多光子イオン化を利用した自己相関計測を行った。

[実験] プロトタイプ XFEL 機による極端紫外光に対する自己相関計測の予備実験として、Ti: Sapphire レーザー (波長 800 nm, 60 fs, 10 Hz, 集光強度 $1 \times 10^{14} \text{ W/cm}^2$)、使用サンプル分子として窒素を用いて、多光子イオン化を利用した自己相関計測を行った。実験配置は図 1 の通りである。

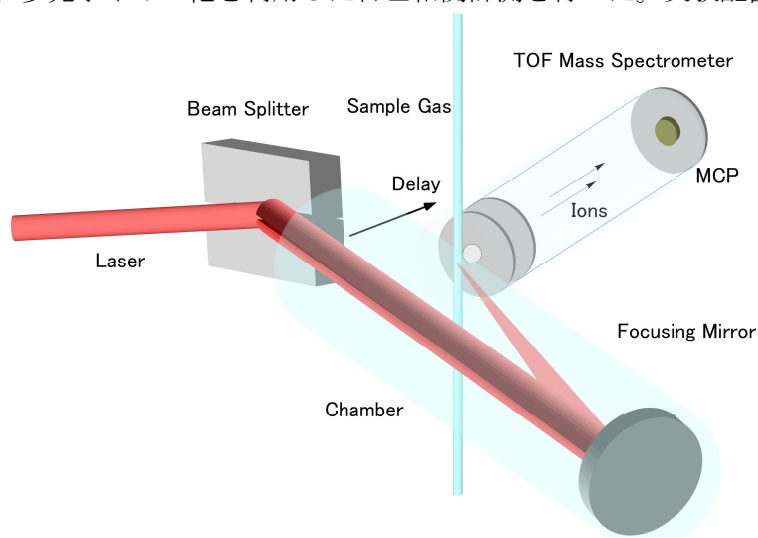


図 1. 自己相関計測実験配置図

自己相関計測は計測対象となるパルスを、計測パルス自身を用いて測定するものであり、信頼性におけるパルス計測方法である。レーザー光を Si のビームスプリッターにより空間的に分割し、ピエゾステージ上のミラーにより片方のビームに遅延を与えた後、SiC ミラーを用いて分子線に集光した。生成イオンは Wiley-McLaren 型飛行時間型質量分析器(TOF-MS)により観測を行った。分割したビームに対して ± 100 fs にわたって遅延を与え、0.24 fs の遅延ごとに 10 ショットの積算を行った。

[結果・考察] N_2 分子の光イオン化によって得られた N_2^+ を検出することによって自己相関を測定したところ、図 2 に示した自己相関波形が観測された。イオン化が多光子過程によるものであるため、この波形から正確なパルス幅を決定することは困難であるが、Ti:Sapphire レーザーの基本波の電場の 1 サイクル(2.7 fs)に対応したフリンジが得られていることがわかる。

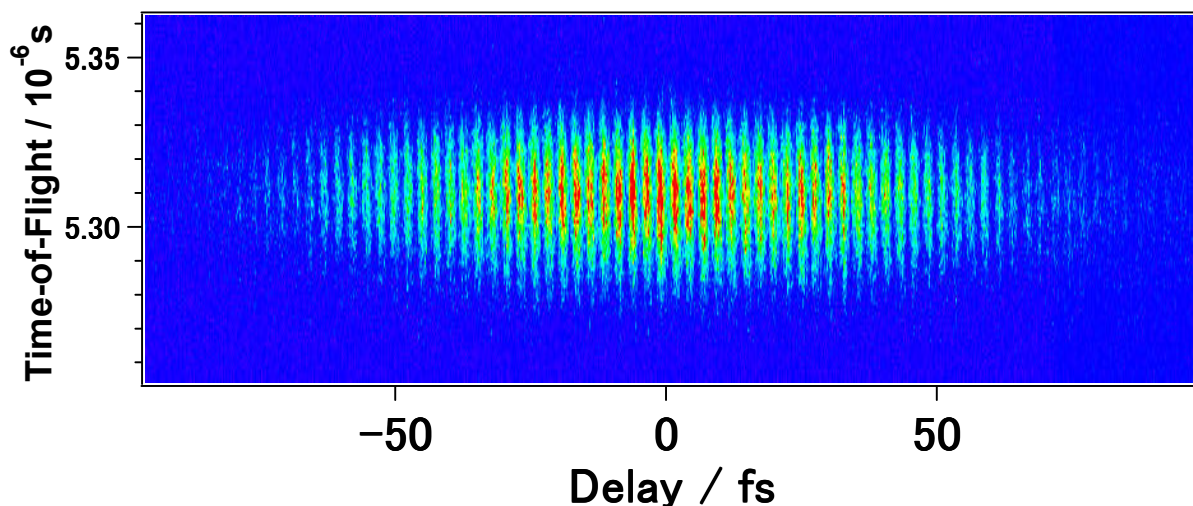


図 2. Ti:Sapphire レーザー光 (800 nm) による N_2 のイオン化を利用して得られた自己相関波形

プロトタイプ XFEL 機を用いた測定では、波長 60 nm(20 eV)の極端紫外光による 2 光子過程によって得られた親分子イオン、または、クーロン爆発によって生成したフラグメントイオンを計測して自己相関計測を行う。そのため、今回製作した自己相関計測システムによって正確なパルス幅を決定することが可能である。我々はこの計測システムを用いて、FEL 光のキャラクタリゼーションを行うとともに、極端紫外～硬 X 線領域の強光子場における分子のダイナミクスを調べる予定である。

参考文献

- [1]例えば W. Ackermann *et al.*, *Nature Photonics* **1**, 336 (2007).
- [2] Y. Nabekawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 083901 (2006).
- [3] T. Okino *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* **432**, 63 (2006).