

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 次世代極短パルスレーザーによるアト秒科学の新展開

東京大学・物性研究所・准教授

いたたに じろう
板谷 治郎

研究課題番号：18H05250 研究者番号：50321724

キーワード：アト秒科学、軟X線分光、極短パルスレーザー、波長変換

【研究の背景・目的】

過去二十余年にわたる高強度チタンサファイアレーザー技術の進展によって、高次高調波による極端紫外域でのアト秒パルス発生が実現し、「アト秒科学」と呼ばれる超高速光科学が劇的に進展した。しかし現在、チタンサファイアレーザーそのものに起因するレーザー性能の限界（特に、波長が近赤外で固定されていることと、平均出力がレーザー結晶の熱負荷によって制限されていること）により、アト秒科学の更なる発展が制限されている。

本計画では、アト秒光パルスを「実験手法の原理実証のための光源」から「物質科学のツールとして使える光源」へ飛躍させるために、高出力 ytterbium (Yb) 固体レーザーによって励起される高強度光パラメトリック増幅光源を「次世代極短パルスレーザー」として開発する。これにより、真空紫外・極端紫外・軟X線をカバーし、分光应用到十分なフォトンフラックスをもつアト秒極短パルス光源を実現し、その物性研究への応用を実証する。

【研究の方法】

高次高調波の最大光子エネルギーはレーザー波長の2乗に比例することから、より短波長のアト秒パルスを発生するには、長波長の高強度レーザー光源が必要になる。一方、高次高調波の変換効率はレーザー波長の5~6乗に反比例することから、軟X線領域のアト秒パルスのフォトンフラックスを増大させるには、レーザーの繰り返しを高める必要がある。これらのスケールリング則を踏まえ、軟X線領域・極端紫外域・真空紫外域の三つの波長域において、適切な波長をもつ高強度極短パルス光パラメトリックチャープパルス増幅(OPCPA)光源を開発する。光パラメトリック増幅では、適切な非線形光学結晶と位相整合条件の選択により、様々な波長域で広帯域増幅が可能である。また、増幅媒質となる非線形光学結晶に励起エネルギーが蓄積されないため、熱負荷がきわめて小さいという特徴がある。OPCPA光源の励起光源としては、高平均出力、低フォトンコスト、高信頼性といった特徴をもつ半導体レーザー励起 Yb 固体レーザーを用いる。

高フォトンフラックスのアト秒光源の開発と同時に、アト秒ビームライン・先端計測装置を開発し(図1)、フェムト秒からアト秒領域での軟X線吸収分光や光電子分光などの物性実験への展開を図る。

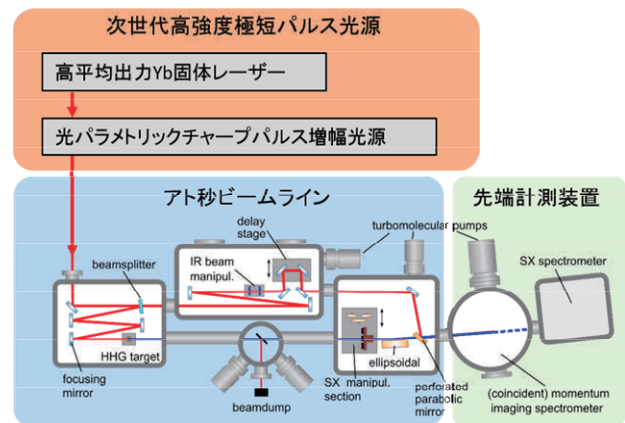


図1 アト秒光源と計測系の概念図

【期待される成果と意義】

本研究により、真空紫外・極端紫外・軟X線領域におけるアト秒パルス光の繰り返し周波数とフォトンフラックスが増大し、アト秒パルス光を利用した広範な物性計測が可能となる。これにより、「アト秒科学」と「物質科学」が融合し、物質の非平衡・励起状態に関する新しい学理構築への展開が期待出来る。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- N. Saito, N. Ishii, T. Kanai, S. Watanabe, and J. Itatani, "Attosecond streaking measurement of extreme ultraviolet pulses using a long-wavelength electric field," *Scientific Reports*, 6:35594, 1-5 (2016).
- N. Ishii, K. Kaneshima, K. Kitano, T. Kanai, S. Watanabe, and J. Itatani, "Carrier-envelope phase-dependent high harmonic generation in the water window using few-cycle infrared pulses," *Nature Commun.* 5:3331, 1-6 (2014).

【研究期間と研究経費】

平成30年度-34年度
150,300千円

【ホームページ等】

<http://itatani.issp.u-tokyo.ac.jp/>
JItatani@issp.u-tokyo.ac.jp