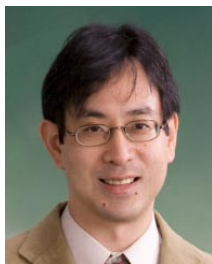


【基盤研究(S)】

理工系(工学I)



研究課題名 1keV 領域での高次高調波発生とアト秒軟 X 線分光への展開

東京大学・物性研究所・准教授 いたたに じろう
板谷 治郎

研究分野: 工学

キーワード: 量子エレクトロニクス

【研究の背景・目的】

高強度レーザー技術の進展によって、「高次高調波」と呼ばれるコヒーレントなアト秒パルス光の発生が近年になって実現されました。しかし、アト秒パルス光の実用的な波長領域は 10 ナノメートル前後に止まっています。これは、高次高調波の最短波長がレーザー波長の二乗に反比例しており、従来型の高強度レーザー光源の波長は可視域にあるためです。本研究では赤外線領域における新規な高強度超短パルスレーザー光源を開発することによって、従来型レーザー光源による短波長限界の壁を打破し、高次高調波の波長域を 1 ナノメートル程度 (光子エネルギー 1keV 程度に相当) まで拡大させます。それによって、アト秒精度の時間分解能をもつ超高速軟 X 線分光法を実現させます。光子エネルギー 1keV 付近までの軟 X 線は物質との相互作用が強く、軽元素や遷移金属元素の吸収端をカバーしているという特徴があります。この特徴を利用して、特定の元素を含む物質の励起状態の動的過程を、フェムト秒からアト秒という極めて短い時間精度で観測する手法を実現させます。特に、気相分子を対象としてアト秒分光法の実証実験を進めながら、未踏分野である凝縮系を対象としたフェムト秒からアト秒領域での超高速分光法の確立を目指します。

【研究の方法】

申請者らが近年原理実証に成功した、赤外領域での超広帯域チャープパルス光パラメトリック増幅法に基づき、高強度赤外レーザー光源を開発します。本光源は、チタンサファイアレーザー発振器と増幅器をベースとしたものであり、この出力光を波長変換後にパラメトリック増幅することによって、単一サイクルに近い極限的な高強度超短パルス光を発生させます。また、超高速分光への応用として重要な、高い繰り返し (1kHz) と高度な位相制御性を実現させます。

この光源を用いることによって、光子エネルギー 1keV までのコヒーレントなアト秒軟 X 線パルスを発生させます。このアト秒軟 X 線パルスを用いて気相分子を対象としたアト秒光電子分光を行い、気相分子の光励起に伴う電子緩和過程の解明を行います。さらに、気相分子のアト秒分光で確立した実験手法を凝縮系に拡大し、フェムト秒からアト秒領域での時間分解光電子分光および吸収分光を実現させます。

【期待される成果と意義】

赤外域の高強度レーザー光源を開発することによって、フェムト秒からアト秒領域における超短パルス軟 X 線の発生と超高速分光法を、実験室規模のレーザー装置で実現させます。これによって、光励起状態の原子・分子・凝縮系における超高速緩和過程に関して様々な実験的な知見が得ることが可能となります。また、高強度レーザー光の波長範囲を可視域から赤外からテラヘルツ領域まで拡大させることによって、物質中の素励起を制御する新しい手法が実現でき、光触媒・表面光科学・化学反応ダイナミクス等における非平衡状態における新規な物性開拓への展開や、強光子場科学・アト秒光科学などの新分野への展開が期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- [1] N. Ishii, K. Kitano, T. Kanai, S. Watanabe, J. Itatani, "Carrier-envelope-phase-preserving, octave-spanning optical parametric amplification in the infrared based on BiB₃O₆ pumped by 800 nm femtosecond laser pulses," Appl. Phys. Express vol.4, p.022701-1-3 (2011),
- [2] J. Itatani, J. Levesque, D. Zeidler, H. Niikura, H. Pepin, J. C. Kieffer, P. B. Corkum, "Tomographic imaging of molecular orbitals with high-harmonic generation," Nature vol. 432, p.867-871 (2011).

【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度
119,800 千円

【ホームページ等】

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