

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

石井 順久

量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門
上席研究員

アト秒軟 X 線光源による水の光励起ダイナミクスの解明

研究成果の概要

2021年度に高出力化を施した励起光源(出力パワー:100 W、パルスエネルギー:20 mJ、パルス幅:1 ps、繰り返し周期:5 kHz)を用いて、光パラメトリック増幅器を高出力化した。

光パラメトリック増幅器に用いる種光発生に際し、搬送波包絡線位相(Carrier envelope phase: CEP)を安定化する手法を導入した。

CEPを安定した種光を、負の3次分散を主に与える特注チャープミラー上で18回反射した後、15 mm厚分のZnSe窓に通した。これにより、種光の時間幅を約1 ps程度まで伸長し励起光源の時間幅と同程度にすることで効率的な光パラメトリック増幅が期待できる。

伸長した種光を3段の光パラメトリック増幅器(ニオブ酸リチウム結晶)で増幅した。1段目の増幅では約1 μ J、2段目の増幅では約40 μ Jの出力パルスエネルギーを得た。最終段の光パラメトリック増幅器において、1.68 mJ(出力パワー:8.4 W、繰り返し周期:5 kHz、スペクトル帯域:1700 – 2500 nm)のパルスエネルギーを得た。

増幅後の光パルスを、負の2次分散が支配的なチャープミラーに4回反射させ、その後、水の吸収がない石英ガラス窓と石英ウェッジ対に通し圧縮した。3次高調波発生周波数分解光ゲート法を用いて、圧縮後の光パルスの時間幅を計測した。圧縮後の最短パルス幅は19.5 fsと計測された。

開発した1.68 mJ、19.5 fsの赤外光源による軟X線高次高調波発生のための真空ビームラインを開発した。軟X線高次高調波ビームラインにおいて、差動排気付き高圧ガスセルや発生後空間的に発散する軟X線を再集光するためのトロイダルミラーを設置し、移動機構付き金属フィルターの挿入ならびに軟X線分光器の設置を進めた。