

日本物理

極限コヒーレント光科学研究センター 松永研究室 修士1年 愛敬 公太

この度、2024 年 9 月に北海道大学で開催された日本物理学会秋季大会にてポスター発表を行い、学生優秀発表賞(領域 5)を受賞する栄誉に与りました。多くの方々のご協力のもと、このような賞をいただき大変光栄に思います。

対象となった発表は「Yb:KGW フェムト秒レーザーによる第二および第三高調波発生最適化と分散の影響」です。近年、高強度超短パルスレーザーを用いた超高速分光実験が様々な物質に対して行われ、大きな成功を収めています。そのような実験において、光電場の強度に強く依存する新奇な非線形現象を引き起こしたり、物質中における微小な応答を精度よく捉えたりするためには、光パルスの強度だけでなくその安定性也非常に重要となります。そのため、最近では高い強度と優れた安定性を備えたYb:KGW ベースの近赤外超短パルスレーザー(中心波長1030 nm)が注目されています。この光源を活用して幅広い物質における光応答の測定を行うためには、その強度と安定性を保つような波長変換が必要です。しかし、とくに高強度レーザーの波長変換においては、過程の非線形性によって生じるパルス強度の不安定化や、後方変換(目的とする波長変換の逆過程)による変換効率の低下が課題となることが知られていました。

そこで本研究では、Yb:KGW フェムト秒レーザーからの第二高調波(可視光)および第三高調波(紫外光)の発生に着目し、基本波パルスのもつチャープと非線形光学結晶の位相整合条件を高精度に制御して、実験とシミュレーションによって波長変換の振る舞いを調べました。その結果、波長変換の進行に理想的な状況に近い場合ですら、高強度域においては後方変換を引き起こすような種々の効果が現れることが示唆されました。また理論計算から、2つの制御パラメータの後方変換に対する効果はともに光電場間の相対位相を通して理解できることもわかりました。これを受けて、チャープと位相不整合を適切に組み合わせることにより、多段階波長変換の効率向上と波長変換パルスの安定化が可能であることを提案しました。実験においても第三高調波の発生効率の向上や基本波以上の安定性をもつ高調波パルスの発生に成功し、高強度域で不可避である後方変換を上手く利用すれば波長変換を改善できることを実証

しました。本研究で得られた知見は高強度レーザーの波長変換において広く応用可能であると期待され、光誘起物性の高精度測定をさまざまな物質で行ううえで重要なものと考えられます。私自身、得られた高強度・高安定な紫外パルスを用いた物性の精密分光測定を早速進めています。

本研究のテーマとなった波長変換は、過去に詳細な研究が行われてきた分野でもあります。近年普及したYb:KGW レーザーを用いることでパルス安定性という視点を加え、また変換効率が非自明な振る舞いを示す高強度域を調べたことが新たな発見につながりました。この場をお借りしまして、本研究で大変お世話になった室谷悠太助教、藤本知宏氏、そして松永隆佑先生に深く感謝申し上げます。

