

ギガワット級・単一アト秒パルス光源の開発

高橋栄治, Pengfei Lan, 緑川克美

理研 エクストリームフォトンクス研究グループ 高強度軟X線アト秒パルス研究チーム

非線形光学研究等の高い光強度を必要とする研究に単一アト秒パルス (isolated attosecond pulse : IAP) を応用するには、アト秒パルス自身の高出力化が必要不可欠となる。しかしながら、高調波発生用の励起レーザーに対して高度な技術力が要求されることから、IAP の高出力化研究はほとんど進んでいない。我々のグループでは近赤外域の二色合成レーザーパルスを用いることにより、簡易に IAP を発生させる手法の開発 [1] を行い、GW クラスの出力を持つ IAP 光源の開発 [2] に成功した。本手法は、我々のグループが提案、実証してきた二つのオリジナル手法に基づいており、高い変換効率と優れたパワースケーラビリティを兼ね備えている。

実験では励起光として、30 fs の基本波 (800 nm) と OPA により発生した 40 fs の IR 光 (1300 nm) を時間・空間的に合成した二色パルスを用いている。更にマイクロジュールクラスの出力を実現するために、励起レーザーの集光光学系を 4 m に長尺化した (図.1)。

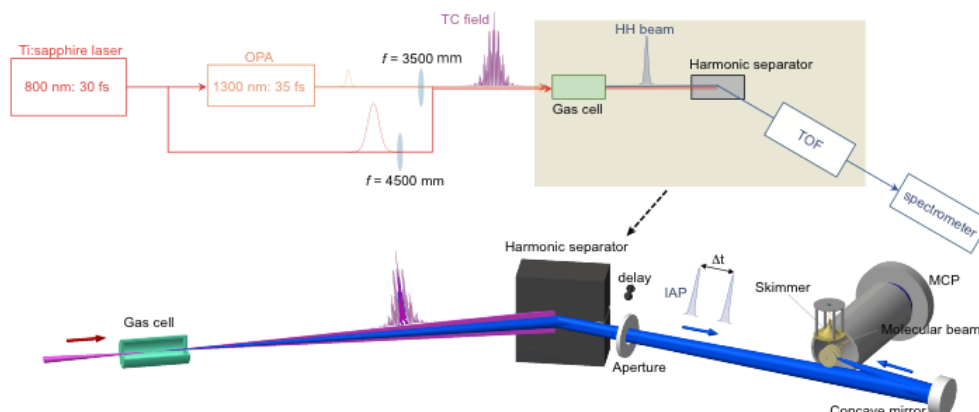


図.1 実験装置

図.2 に二色レーザーパルスを Xe ガスに集光して得られた高調波スペクトルを示す。ターゲットのガス圧及びセル長は、高調波発生における位相整合条件を満たすように決定した。青点線は 800 nm 光のみを集光して得られた高調波であり、不連続なスペクトル構造を持つ。それに対し二色パルスでは低次成分において不連続構造を持つものの (赤線)、カットオフ近傍では連続的なスペクトルが得られている。Sc/Si 多層膜ミラー (緑線) で切り出すことができるカットオフ近傍 (30 eV) の出力エネルギーは $1.3 \mu\text{J/pulse}$ に達している (変換効率: 1.1×10^{-4})。

また得られた連続スペクトルの時間構造を、窒素分子の二光子吸収過程を利用した自己相関計測により評価した。実験では、Si ビームセパレーターでレプリカパルスを生成し、後方に設置した Sc/Si 多層膜ミラーでカットオフ近傍 (18 次~23 次) の高調波成分を切り出し、窒素分子に集光した。窒素分子の二光子二重イオン化により発生した N_2^{2+} からのクーロン爆発の信号 N^+ を使用し、相関波形を取得した。相関波形より評価される高調波の時間波形は 500 as であり、出力エネルギー及びパルス幅から IAP のピークパワーは 2.6 GW と見積もられる。開発された光

源は、非線形現象を励起できる世界最短の IAP 光源であると共に、テーブルトップサイズながら加速器ベースの EUV-FEL 光源を凌駕する瞬間パワーを有している。

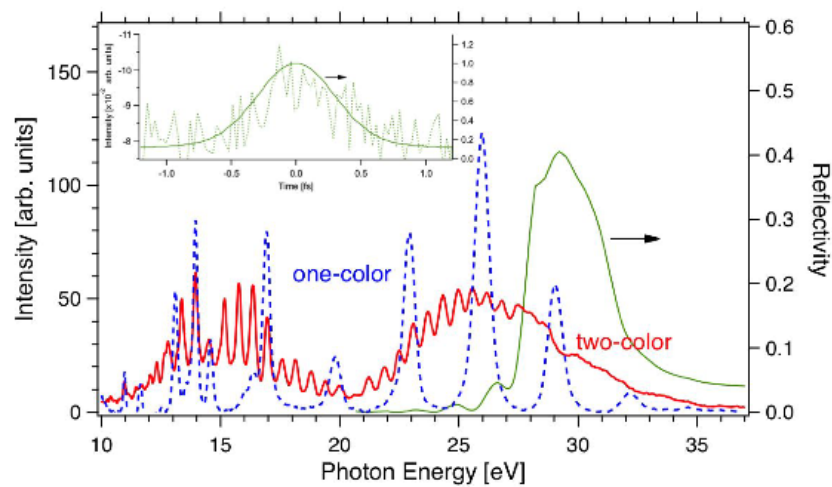


図 2. Xe ガスから発生した高調波スペクトルと, IAP の自己相関波形

参考文献

- [1] E. J. Takahashi et al., Phys. Rev. Lett. 104, 233901 (2010)
- [2] E. J. Takahashi et al., CLEO 2012, postdeadline paper QTh5B.10