

4P017

差動排気中空ファイバーパルス圧縮器を用いた 高強度数サイクルパルス発生

(東大院理) ○安藤 俊明、沖野 友哉、山内 薫

【序】強レーザー場中において炭化水素分子中の水素原子またはプロトンは、極めて高速で動くことが知られており、その挙動を実時間で追跡するためには近赤外域の光を用いる場合数サイクルパルス程度の極超短パルス光を用いることが必要である[1]。また、搬送波位相を制御した高強度の数サイクルパルスは、高次高調波の発生により単一アト秒パルスを発生させるために不可欠である[2]。

本研究では、差動排気中空ファイバーを用いた数サイクルパルスの発生と、フリンジ分解オートコリレーター(FRAC)、シングルショット SHG-FROG(二次高調波周波数分解光ゲート法)を用いた数サイクルパルスのキャラクタリゼーションを行った。

【実験】図1に実験装置の概図を示す。Ne ガスを充填した石英中空ファイバー(長さ1 m, 内径300 μm , 外径3 mm)に搬送波位相制御フェムト秒レーザー光(794 nm, 2.4 mJ/pulse, 34 fs, 5 kHz)を集光(集光径200 μm)して伝搬させることによって自己位相変調(SPM)を起こさせ、スペクトル幅を拡大した。ファイバーから出てきた光のスペクトルを観測しながら、スペクトルが最も広がるようにチャープパルス増幅器(CPA)に付随するコンプレッサー内の回折格子間距離を調節した。ファイバー入り口でのフィラメンテーション生成による安定性やスループットの低下を防ぐために中空ファイバーチャンバーには差動排気を導入した[3]。すなわち、ファイバーの入射側を真空に保ち、ファイバーの出射側から Ne ガスを充填(1.0~3.5 atm)することによって、フィラメントの生成を防いでいる。SPM と光学系や空気中の伝搬によって生じた正分散をチャープミラーを用いて補償した(GDD $\sim -9 \times 10^2$ fs²)。石英ウェッジ板の厚みを微調して2次分散を取り除き、FRAC、シングルショット SHG-FROGによって数サイクルパルスの評価を行った。

今回構築した SHG-FROG では厚さが10 μm と薄い BBO を利用しているため群速度不整合が小さく抑えられており、プリズムを用いて分光しているために1オクターブを超える SHG 信号を観測できる。そのため、原理的にシングルサイクルパルスの測定も可能である[4]。

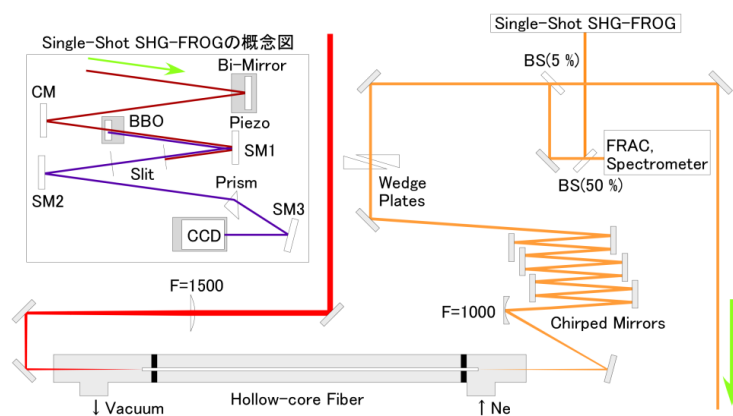


図1：実験装置概図

【結果と考察】ファイバー中に Ne ガスを充填していないとき、出射光のパルスエネルギーは 1.5 mJ、スループットは 62 % であり、理想値 65 % に近い値を示した。図 2 にファイバー出射後のスペクトルの Ne ガス圧力依存性を示す。Ne ガス圧力が高くなるほど SPM によりスペクトルが広がり、中心波長はファイバー中でのプラズマ生成によって短波長側へシフトした。ファイバー入射側に Ne ガスがわずかに存在するためにレーザー光とファイバーのカップリングが低下し、また、ファイバー中でのプラズマ生成にエネルギーが消費されるため、スループットは Ne ガス圧力を上げるにつれて緩やかに低下した。光学系の補償帯域によってスペクトル領域が制限されているため、Ne ガス圧力を 3.5 atm に設定して FRAC による自己相関波形を作成した。このとき、中心波長は 720 nm、フーリエ変換限界 3.7 fs であり、パルスエネルギーは 1.2 mJ、スループットは 48 % と計算された。図 3 に得られた自己相関波形と、パルス幅 4.2 fs、sech 関数形状の仮想パルスから作成した自己相関波形を示す。これにより、パルス幅は 4.2 fs 程度であることが示された。このパルス幅は 1.8 サイクルに相当し、高次高調波のカットオフ領域を利用した単一アトパルスを発生させるために必要なパルス幅を満たしている。

発表ではシングルショット SHG-FROG から作成した FROG トレースと、そこから求めたパルス形状を紹介する。

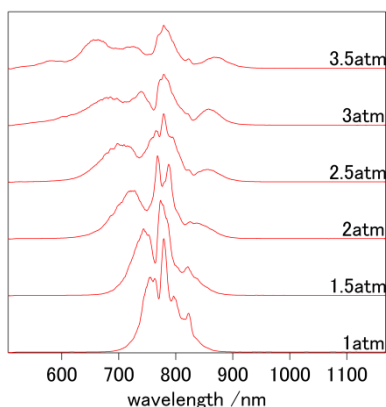


図 2 : 中空ファイバーを通過後の光パルスのスペクトルの圧力依存性

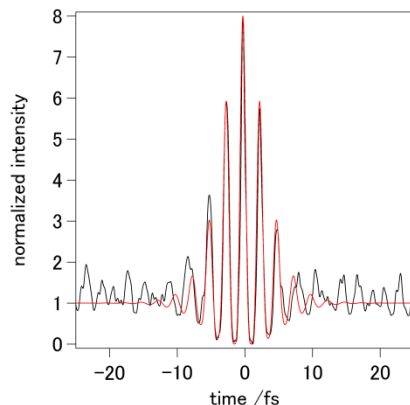


図 3 : 実測した自己相関波形(黒)と sech 関数型パルス幅 4.2 fs の仮想パルスから作成した自己相関波形(赤)

参考文献

- [1] T. Okino, Y. Furukawa, P. Liu, T. Ichikawa, R. Itakura, K. Hoshina, K. Yamanouchi, and H. Nakano, *Chem. Phys. Lett.* **419**, 223 (2006).
- [2] F. Krausz, and M. Ivanov, *Rev. Mod. Phys.* **81**, 163 (2009).
- [3] S. Bohman, A. Suda, M. Kaku, M. Nurhuda, T. Kanai, S. Yamaguchi, and K. Midorikawa, *Opt. Express* **16**, 10684 (2008).
- [4] S. Akturk, C. D'Amico, and A. Mysyrowicz, *J. Opt. Soc. Am. B* **25**, A63 (2008).