

共振器内高次高調波発生のための

Yb:YAG Thin Disk 高強度超短パルス発振器の開発

High-pulse-energy Yb:YAG thin disk oscillator for intra-cavity HHG

理研¹, 東大光量子², サイバーレーザー³, 東大理⁴○神田夏輝^{1,2}, アマニ・イランル¹, 今鋒友洋³, 住吉哲実³, 鍋川康夫¹, 五神真^{2,4}, 緑川克美^{1,2}RIKEN¹, Photon Science Center, The Univ. of Tokyo², Cyber Laser Inc.³,Dept. of Physics, The Univ. of Tokyo⁴○Natsuki Kanda^{1,2}, A. Amani Eilanlou¹, Tomohiro Imahoko³, Tetsumi Sumiyoshi³,Yasuo Nabekawa¹, Makoto Kuwata-Gonokami^{2,4}, and Katsumi Midorikawa^{1,2}

E-mail: n-kanda@riken.jp

レーザーベースの高次高調波は高輝度・高コヒーレンスな深紫外・軟 X 線光源として有用である[1]。しかしながら、高次高調波発生には尖頭強度が 10^{14}W/cm^2 を超える高強度なレーザーパルスが必要であり、通常は再生増幅器などにより増幅されたレーザーパルスが用いられる。そのため、繰り返し周波数は kHz 程度に制限されてしまい、MHz 程度の繰り返しを実現するのは困難であった。軟 X 線領域での分光やイメージングにおいて、大きなフォトンフラックスは高 S/N 測定のために重要である。また、光電子分光への応用では、空間電荷効果[2]が存在するためにパルスあたりの光子数に制限があり、高繰り返し化は非常に重要な課題となっている。高繰り返し高次高調波発生の手法として、エンハンスメント共振器を用いる方法がある[3,4]。この方法では通常モードロックレーザーをシードとして使用できる利点があるが、共振器長をレーザーの繰り返しと波長スケールの正確さで一致させる必要があり、精緻なフィードバック機構が必要で長時間動作が困難という問題が存在する。一方で、高次高調波発生を超短パルス発振器の共振器内で実現できれば、高繰り返し高次高調波発生が可能となる。この手法では共振器自身が発振器のため、エンハンスメント共振器よりも安定な動作が期待できる。さらに、複数ポートの高調波発生も可能である。

本研究では、レーザー共振器内での高次高調波発生に向け、Yb:YAG 薄型ディスクをゲイン媒質とした高パルスエネルギーなモード同期超短パルス発振器の作製を行った。繰り返し周波数は 3 MHz 程度を目指し、共振器長 50 m 程度の線形共振器を構築した (図 1)。空気の揺らぎや非線形性を取り除くため、すべてを真空中で行った。超短パルス動作のためにカーレンズモード同期法を採用し[5]、YAG 基板をカー媒質として用いた。分散補償は GTI ミラーにより行っている。共振器中高調波発生を想定し、共振器中には集光点が設けられている。

現状の出力の最大値は平均パワー 149 W、パルス幅 520 fs、繰り返し周波数 2.85 MHz で、中心波長は 1032 nm である (図 2)。この時、内部平均パワーは 3 kW、内部パルスエネルギーは 1.04 mJ であり、集光点のビーム直径を 30 μm と仮定して尖頭強度は $2.8 \times 10^{14} \text{W/cm}^2$ となる。これは高次高調波発生が可能な強度であり、集光点への希ガス導入により共振器内高次高調波の実現が期待される。

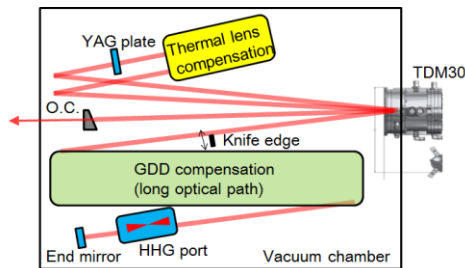


Fig. 1 : Schematic picture of laser cavity.

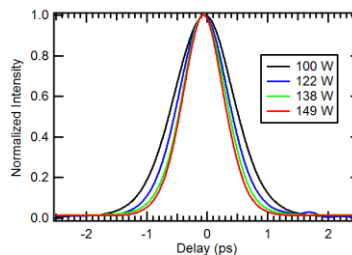


Fig. 2 : Results of auto-correlation measurements.

[1] P. B. Corkum, Phys. Rev. Lett. **71**, 1994 (1993). [2] S. Hellmann *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 035402 (2009). [3] C. Gohle *et al.*, Nature **436**, 234 (2005). [4] A. Cingöz *et al.*, Nature **482**, 68 (2012). [5] A. Amani Eilanlou *et al.*, CLEO2013, CTh1H.3 (2013).