

高平均出力水の窓軟 X 線光源のための薄ディスクレーザーの開発

Development of thin-disk laser for high average power water window soft x-ray source

宇都宮大院工, CORE¹, 東北大多元研², 早稲田大高等研³, 東北大フロンティア研⁴, チェコ科学アカデミー物理学研究所 HiLASE Centre⁵

○ 東口 武史¹, 山内 駿¹, 篠崎 夏美¹, 小倉 拓人¹, 藤井 雄介¹, 江島 文雄²
坂上 和之³, 魚本 幸⁴, 島津 武仁⁴, Tomas MOCEK⁵

Utsunomiya Univ. • CORE¹, IMRAM, Tohoku Univ.², WIAS, Waseda Univ.³,
FRIS, Tohoku Univ.⁴, HiLASE Centre⁵

○ T. Higashiguchi¹, S. Yamauchi¹, N. Shinozaki¹, T. Ogura¹, Y. Fujii¹, T. Ejima²,
K. Sakaue³, M. Uomoto⁴, T. Shimatsu⁴, and Tomas Mocek⁵

E-mail: higashi@cc.utsunomiya-u.ac.jp

波長が 2.3 – 4.4 nm 領域の水の窓軟 X 線は、生物試料を染色せずに高空間分解能で撮像することができること期待され、長年研究されている。しかしながら、高繰り返しかつ高平均出力の光源は、レーザー生成プラズマ光源 [1] や高次高調波 [2,3] などが研究されているものの、事実上、放射光が用いられることが多い。レーザー生成プラズマでは、高い電子温度のプラズマが必要で、パワー密度も高くすることが必要があるが、パルスエネルギーを増加すると繰り返しを数 Hz に下げざるを得ない [1]。高次高調波はエネルギー変換効率が低い上、超短パルスレーザー技術が高度で、実験室で簡便に使える状況にはまだなっていないものと思われる。放射光は使いやすいものの、マシンタイムが限られる。このことから、比較的簡便な方法で、水の窓軟 X 線光源を実現するためには、高いパワー密度を維持でき、高繰り返し動作可能なレーザーシステムが必要がある。

我々は、レーザー生成重元素プラズマ中の多価イオンからの発光を用いる水の窓軟 X 線光源および顕微鏡について研究している。レーザー生成プラズマで多価イオンを効率よく生成するためには、プラズマパラメータの中でも特に電子温度を高温にすることが重要であり、必要な電子温度は Mo や Zr では 300 – 400 eV [4], Bi では ≥ 500 eV [5] である。そのためには、レーザーのパワー密度には少なくとも 10^{13} W/cm² 以上であることが求められる。さらに、顕微鏡では高輝度化するために、光源サイズを小さくしなければならないため、プラズマの膨張サイズを小さくするべく短パルスレーザーが必要である。高繰り返し、高平均出力、短パルス、高いパワー密度を実現するために、パルス幅を数 ps、パルスエネルギーを数 mJ にすることで、必要となるパワー密度を確保することができる。これらのことを踏まえ、繰り返し周波数が 10 kHz の薄ディスクレーザーを開発している。平均出力を約 10 W とするためには、冷却を効率よくする必要があり、そこで、ヒートシンクと薄ディスクレーザー媒質 (Yb:YAG または Yb:Y₂O₃) を原子拡散接合法による室温接合技術により直接接合している [6,7]。

講演では、薄ディスクレーザーの表面温度計測、波面計測結果などを交えて、水の窓軟 X 線光源に必要なパラメータを報告する予定である。

- [1] 天野 壮, 電気学会論文誌 C **137**, 406 (2017).
- [2] E. J. Takahashi *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 253901 (2008).
- [3] N. Ishii *et al.*, Nature Commun. **5** 1 (2014).
- [4] R. Lokasani *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109**, 194103 (2016).
- [5] T. Higashiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 014103 (2012).
- [6] T. Shimatsu and N. Uomoto, J. Vac. Sci. Technol. B **28**, 706 (2010).
- [7] S. S. Nagisetty *et al.*, Laser Phys. Lett. **14**, 015001 (2017); and references therein.