水の窓軟 X 線領域で高繰り返し動作可能なターゲット元素の選定

Selection of the target elements for high-repetiton rate operation in water window soft x-ray spectral region

宇都宮大院工，CORE[1]，長岡技術科学大 [2]，東北大多元研 [3]
○ 東口 武史 [1]，田村 賢紀 [1]，小野 祐一 [1]，原 広行 [1]，近藤 芳希 [1]，荒居 剛己 [1]，江 偉華 [2]，羽多野 忠 [3]，江島 丈雄 [3]
Utsunomiya Univ.[1], Nagaoka Univ. of Tech.[2], IMRAM, Tohoku Univ.[3]
○T. Higashiguchi[1], T. Tamura[1], Y. Ono[1], H. Hara[1], Y. Kondo[1], G. Arai[1], W. Jiang[2], T. Hatano[2], and T. Ejima[3]
E-mail: higashi@cc.utsunomiya-u.ac.jp

水の窓軟 X 線顕微鏡のための高輝度光源を実現するためには，高繰り返しレーザーの他にターゲットを安定に供給することは重要である．高繰り返し動作の EUV 光源～軟 X 線光源の代表的なものには，EUV リソグラフィー露光用光源のドロップレットターゲット [1]，軟 X 線 (EUV) レーザー用の回転ターゲット [2] および回転クライオターゲット [3] などが報告されている．しかしながら，もう少し簡単にターゲット表面の同じ箇所にレーザーパルスを多重照射しても発光強度が減少しなければよいのではないかと考えている．そこで，各種元素のターゲットにレーザーパルスを多重照射し，水の窓軟 X 線出力のショット数依存性を調べた．

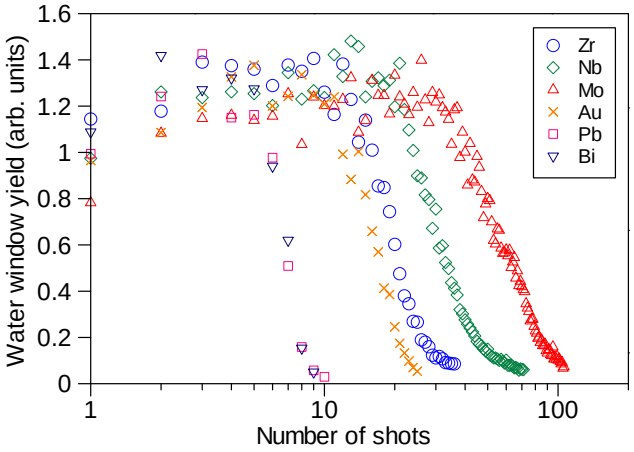

Fig. 1. The number of shots dependence of water window yield.

パルス幅が 150 ps (FWHM)，最大パルスエネルギーが 220 mJ/pulse の Nd:YAG レーザーを平凸レンズで厚さ 1 mm の平板金属ターゲットに集光照射した．集光径は約 40 μm であり，最大集光強度は約 1.2×10^{14} W/cm^2 である．ターゲットの元素は Zr [4]，Nb，Mo [5]，Au，Pb，Bi [6] とした．

図 1 は各種元素を用いたときの軟 X 線発光強度（波長域：2.3 – 4.4 nm）のレーザーショット数依存性である．数ショットはほぼ同じ発光強度を有するが，ショット数が増加すると発光強度は減少した．これはレーザーアブレーションによりターゲットが吹き飛ばされ，元素が少なくなるからである．発光強度が 70% に減少するまでのショット数を調べると， Bi のときは約 5 ショットであるが，Mo のときは約 40 ショットであった．融点が高い Mo が最もターゲット寿命が長くなることが観測された．講演では，スペクトル構造や融点依存性についても示す予定である．

[1] Y. Kawasuji *et al.*, Proc. SPIE **10143**, 101432G (2017).
[2] B. A. Reagan *et al.*, Opt. Express **21**, 28380 (2013).
[3] 天野 壮，電気学会論文誌 C **137**, 406 (2017).
[4] B. Li *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 041117 (2013).
[5] R. Lokasani *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109**, 194103 (2016).
[6] T. Higashiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 014103 (2012).

© 2017年 応用物理学会