

高繰り返し X-pinch 光源のための液体金属流制御法の検討
Design of liquid metal flow toward X-pinch light source with high repetition rate

佐々木徹, 安西信幸, 武脇大樹, 高橋一匡, 菊池崇志, 阿蘇司, 原田信弘

Toru Sasaki, Nobuyuki Anzai, Daiki Takewaki, Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi,
Tsukasa Aso, and Nob. Harada

長岡技術科学大学

Nagaoka University of Technology

プラズマを利用した高輝度・短波長光源は、EUV リソグラフィー、非破壊検査、その他数多くの応用が存在するが、有望な光源を開発する必要がある。従来、レーザーアブレーションにより発生した短波長光源 [1] やパルスパワー放電 [2] を用いたガス型短波長光源が存在するが、点光源性や放射輝度を高めることが要求されている。パルスパワー型短波長光源の一つに X-pinch 放電を利用した短波長光源がある。X-pinch 型短波長光源は、金属細線を多数クロスさせ、一点に電流を集中させることで、金属細線をアブレーション、ピンチさせることで、高い点光源性及び高輝度性を有することが明らかになっている。一方、X-pinch 型短波長光源の課題は、細線をアブレーション、ピンチさせるために必要なエネルギーが大きく、また、金属細線の張り替えが必要であるため、高繰り返し性を実現することが困難である点があげられる。現在、これらの課題を解決するために、1 本の細線により X-pinch 様の放電を発生させ、繰り返し性を改善する研究も進められているが [3]、本質的な解決には至っていない。本研究では、X-pinch 放電の大きな課題である繰り返し性を解決するために、金属細線を利用せずにリサイクリングが可能な液体金属を X-pinch 放電に適用することで、高輝度で短波長な光源を開発することである。

X-pinch 放電を発生させるために真空中で液体金属を利用すると、液体金属が膨張・蒸発するため、液体金属のサイズが大きくなってしまう。そのため、X-pinch を実現するために必要な電流量が増加し、装置及び短波長光源を得ることが困難となる。そこで、本研究では、ジェットエンジンで用いられるスパイク型ノズルを用いて超音速ヘリウムを供給し、液体金属表面に流すことで、液体金属の膨張・蒸発を低減させることを検討している。ヘリウムは短波長光に対して吸収領域を持たないため、ガス流の挙動を評価することが重要である。この挙動を解析するために 2 次元定常流の解析を行った結果、液体金属表面では大気圧に近い圧力を有することが明らかとなり、蒸発を抑制できることが明らかとなった。

本研究の一部は、JSPS 科研費 24656184 及び (公財) 村田学術振興財団より支援を受けて実施したものである。

[1] T. Higashiguchi, et. al., Appl. Phys. Lett., **100**, 014103 (2012).

[2] J. A. Harvey-Thompson, Phys. Rev. Lett., **108**, 145002 (2013).

[3] F. P. Knapp, Phys. Plasmas, **19**, 056302 (2013).