

誘導結合アルゴンプラズマと相互作用する液体ガリウムからの液滴放出

Droplet ejection from liquid gallium interacting with inductively coupled argon plasma

北大工 ○濱名優輝, 白井直機, 佐々木浩一

Hokkaido Univ. ○Y. Hamana, N. Shirai, K. Sasaki

E-mail: hamana@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

現在、核融合研究の分野では、液体金属をダイバータ材料に用いる研究が行われている。しかし、液体金属とプラズマの相互作用により液滴が放出される問題が存在する[1]。液体金属からの液滴放出が普遍的な現象であると、液体ダイバータの開発にとって大きな障害となる。また、大気圧プラズマと水などの液面が相互作用する場合にも液滴放出が観測されており、そのメカニズムを解明することは重要な課題となっている。当研究室では、液体スズとマグネトロンスパッタリングプラズマの相互作用により、液体スズから液滴が生成される現象が見いだされた[2]。本研究では、誘導結合プラズマを用いることによりイオンフラックスとイオンエネルギーを独立に制御できる実験装置を構築し、低融点金属であるガリウムとの相互作用を調べ、液滴の生成に重要なプラズマパラメータを明らかにすることを目的とした。

【実験方法】

真空容器の上部に誘導結合プラズマ生成用の高周波アンテナを設置し、下部にガリウムを乗せた平板電極を設置して、平板電極を直流電源に接続した。高周波電力を変化させるとプラズマ密度が変化し、ガリウムに照射されるイオンフラックスが制御できる。一方、直流バイアス電圧を変化させることにより、ガリウムに照射されるイオンエネルギーを制御した。平板電極の上 5 cm 程度の空間に波長 457 nm のシート状 cw レーザー光を入射し、液滴による散乱光をイメージインテンシファイア付きのビデオカメラで撮影することにより、ガリウム液滴の存在を確認しながら実験を行った。散乱光が 3 秒間に 1 回以上の頻度で観察されたとき、液滴が生成されたと判断した。

【実験結果】

Fig. 1 は電子密度 $1.74 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 、バイアス電圧 -80 V の時に観測された液滴による散乱レーザー光の軌跡を示している。液滴は主に電極に垂直な方向に飛散する様子が観測された。ビデオカメラの露光時間(30 ms)と散乱軌跡の長さから評価した液滴の運動速度は 1 m/s 以上であると推測される。液滴が生成されるためには、イオンフラックスおよびバイアス電圧の両方に関する閾値が存在した。Fig. 2 は、様々な電子密度において液滴が生成されるための最小バイアス電圧、および、そのときのイオン電流(イオンフラックス)をプロットしている。イオンフラックスが小さい時(電子密度 $0.29 \times$

10^{17} m^{-3} の時)には大きなバイアス電圧(120 V 以上)が必要であり、イオンフラックスが大きい時(電子密度 $1.5 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 以上)には比較的小さいバイアス電圧(50 V 以上)でも液滴が生成された。プラズマ密度およびバイアス電圧に基づいてシース電界を近似的に評価したところ、液滴放出の閾値条件における電界は一定値となる傾向が見られた。液滴の生成には電界が強く関与しているものと考えられる。

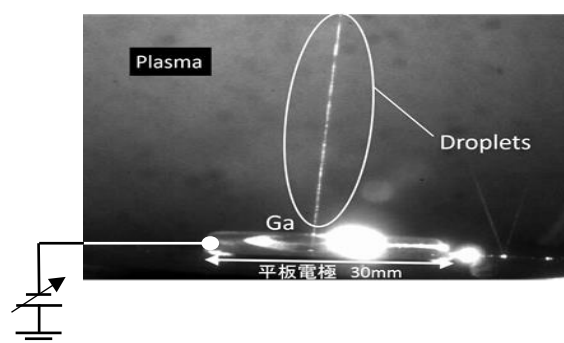


Fig. 1 Trajectory of a droplet ejected from liquid Ga.

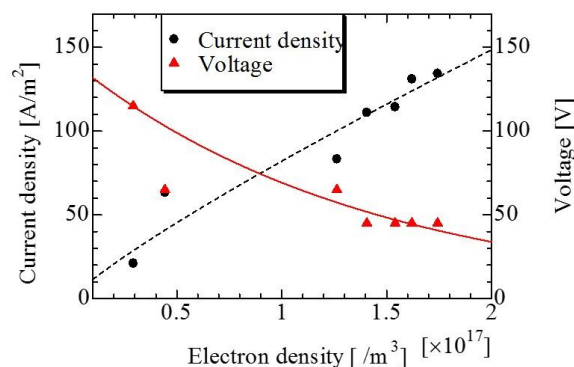


Fig. 2 Bias voltage and current density at the threshold condition for the droplet ejection.

【参考文献】

- [1] G. Miloshevsky et al., J. Nucl. Mater. 415 S74 (2011).
- [2] K. Sasaki and H. Koyama, Appl. Phys. Express 11 036201 (2018).