

誘導結合アルゴンプラズマと相互作用する液体金属からの液滴放出： ガリウムとスズの比較

Droplet ejection from liquid metals interacting with inductively coupled argon plasma:

Comparison between gallium and tin

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が、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現象が観察されている。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は大きな障害となる。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。本研究では、誘導結合プラズマと液体状態のガリウム及びスズ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】真空容器上部の石英窓上に高周波アンテナを設置し、外部アンテナ型誘導結合アルゴンプラズマを生成した。真空容器の底部に設置した絶縁容器に液体ガリウムまたはスズを置き、絶縁容器の底に平板電極を設置して、平板電極を直流電源に接続した。スズを用いる場合には、平板電極の下部に絶縁体を介してヒーターを設置し、300°Cまで熱することでスズを溶解させた。Fig.1は真空容器内部の試料設置の様子を示している。高周波電力を変化させるとプラズマ密度が変化し、液体金属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、液体金属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5cm程度の空間に波長457nm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、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、液滴の生成が開始したと判断した。

【実験結果及び考察】Fig.1に液体ガリウムからの液滴放出の様子(左)を示す。液滴は主に液体ガリウムの表面に垂直な方向に飛散する様子が観測された。液滴の運動を20000fpsの高速度カメラで撮影し、フレーム間の液滴飛程距離から液滴の鉛直方向の速度成分を計算したところ、約3m/sであることが分かった。前回も報告したように、ガリウムから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の

放出開始が観察されるための最小バイアス電圧及びその時のイオン電流密度をプロットしている。液体スズを用いた場合、ガリウムの液滴が生成されるのと同様のバイアス電圧及びイオンフラックスにおいては、Fig.1(右)に示すとおりスズの液滴は観測されなかった。ガリウム及びスズの絶対粘度を比較したところ液体ガリウム(310K)は1.2mPa・s、液体スズ(510K)は2.3mPa・sであり、液体スズのほうが約2倍大きい。表面張力の値は液体ガリウム(310K)は0.65N/m、液体スズ(510K)は0.54N/mであり、その違いは絶対粘度と比べて大きくない。液体ガリウムと同じ条件で液体状態のスズから液滴が生成されなかったのは粘度の違いから生じたものであると考えられる。

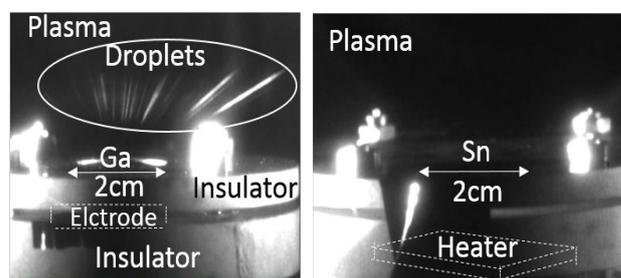


Fig. 1 Images of laser Mie scattering around liquid gallium and tin targets.

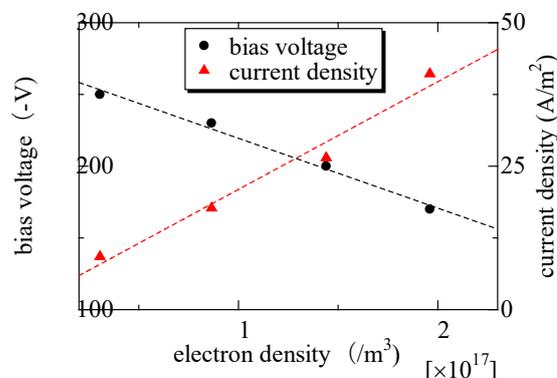


Fig. 2 Bias voltage and current density at the threshold condition for the initiation of the droplet ejection from the liquid gallium target.