

希ガスを用いた低温プラズマ中の水滴の相変化

Phase shift of a water droplet in noble-gas plasma

中部大工, [○]森山誠, 中村 圭二, 小川大輔

Chubu Univ., [○]MakotoMoriyama, Keiji Nakamura, Daisuke Ogawa

E-mail: ee12084-9309@sti.chubu.ac.jp

1. はじめに

プラズマを用いたプロセスには、プリカーサとして気体状態で物質を用いてきた。例えば、 SiO_2 を堆積させる時、 SiH_4 が使用される場合があるが、このプリカーサは室温で気体のため、そのままプラズマ中に流入させることで材料プロセスが行うことができる。しかし、このガスは反応性が高く、その取り扱いに十分気をつけなければならない。その一方、同様の用途で、TEOS(Tetraethyl orthosilicate, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)が用いられることがあるが、このプリカーサは室温で液体であり、材料プロセスで用いるには、加熱したり減圧をしたりすることで気体状態にする必要がある。そこで、これまで我々は、室温で液体のプリカーサをプロセスで用いる場合、危険性の問題を解決する一つの手段として、液体のプリカーサを直接プラズマに入れることが考えてきた。しかし、この手法は現象の解析が複雑であり、プラズマ中には少なくとも2つ以上の相が存在するため、これまであまり研究の対象とされてこなかった。⁽¹⁾ この手法を用いることにより、プリカーサをプラズマにより蒸発を助けることができ、ガス化することなくプリカーサを導入することができる。本研究ではこれまでの研究に加え、さらに複雑な相変化を導入し、それによって得られた結果について報告をする。

2. 解析条件

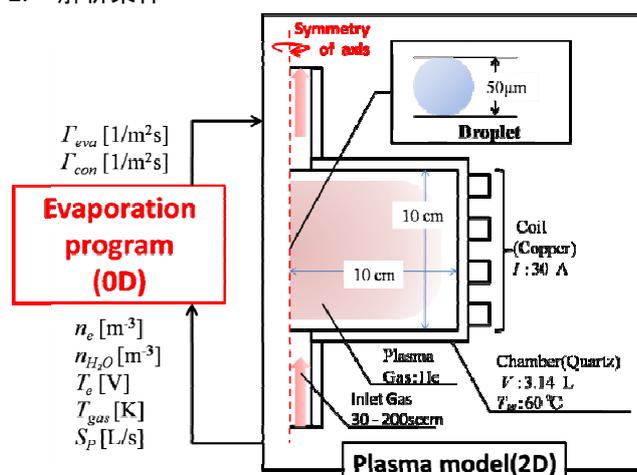


Fig.1 Condition and flow-chart to calculate the evaporation of water droplet in inductively-coupled plasma

Fig.1はこれまで我々が発展させてきた計算プログラムの

概略図とその計算条件を示しており、この計算には商用ソフトウェアのComsol[®]を用いた。ここでは、容積およそ3Lの円筒型Chamberに、コイルを使って誘導性プラズマを発生させている。このときコイルに流す電流振幅30A、周波数を13.56MHzで、Chamber内中央部に直径50 μm の球状の水滴をHe雰囲気内置いた。

ここでの計算は、Fig.1で見られるように、PlasmaはソフトウェアのInductive coupled Plasma(ICP)モジュールを使用し、Evaporation programは先行研究で得られた方程式⁽¹⁾をOrdinal differential equation(ODE)モジュールを使用して作成した水滴の蒸発による半径の変化、水滴の加熱等を計算した。

3. 解析結果

Fig.2は本解析の予備解析として計算した一例であり、ここでは水滴が凍らないと仮定して、水滴温度の時間変化を計算したものである。

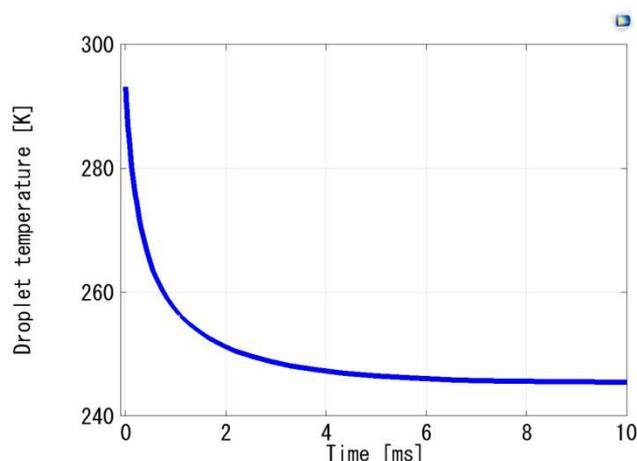


Fig.2 Time dependent of droplet temperature

この計算結果から見られるように、水滴の温度は、水滴注入後4ミリ秒程度で245 K (約 -30°C) になり、一時的に水滴が凍る可能性があることがわかった。そこで、本発表では、液体が固体になる相変化を考慮した場合のプラズマ中に存在する水滴の変化などについて報告する。

文 献

(1) Ogawa et al., *J. Vac. Sci. Technol. A* **27**(2009) 342-351.