

有機溶媒のバブリング供給により生成した マイクロ波励起プラズマの回転温度と振動温度の検討

Investigation of rotation and vibration temperature of microwave excited plasmas generated by bubbling feed of organic solvent

金沢大学 [○](B)橋口 魁人, 石島 達夫, 中野 裕介, 田中 康規

Kanazawa Univ., (B)Kaito Hashiguchi, Tatsuo Ishijima, Yusuke Nakano, Yasunori Tanaka

1. まえがき

薄膜材料としての非晶質炭素膜のうち代表的な DLC は高高度、低摩擦係数、優れた耐食性などの性質をもち、自動車分野から工作機械分野まで幅広く利用されている。様々な機能性を有する炭素薄膜は、高速かつ低コストで成膜する技術が求められている。我々は、マイクロ波プラズマ支援による化学気相成長法(MW-PECVD 法)の原料ガスとして有機溶媒を用い、高い薄膜堆積速度と堆積面内での高均一性の実現に向けた研究開発を進めている。

MW-PECVD プロセスにおけるプラズマ中の分子の回転温度(T_{rot})や振動温度(T_{vib})はプラズマの内部状態にかかわる物理量であり、堆積する薄膜の特性に関わる重要なパラメータであると考えられる。そこで、本研究では、プラズマ生成時のチャンバ内部の圧力を変化させ、温度への依存性を調べた。

2. 実験装置、温度の算出方法

本研究で用いたマイクロ波励起プラズマの生成装置の概略図を図 1 に示す。矩形波変調した 2.45 GHz のマイクロ波を、導波管を用いてアンテナから放射させ、プラズマを生成した。変調周波数は 1 kHz とした。プラズマ生成部には、導入ガスである Ar とともに、ガラス容器内で減圧し気化させた有機溶媒が供給される。有機溶媒にはトルエンを用いた。生成したプラズマに対し発光分光計測を行い、活性種の調査を行った。

発光分光計測の出力結果である放射強度は放射計数に比例した値である。上準位にある励起種の数密度が Boltzmann 分布に従うと仮定することにより、放射強度の理論計算が可能になる。発光分光計測の結果から観測された C_2 Swan system の電子状態の上準位と下準位の分子定数と放射係数の計算式を用いると、放射係数は T_{rot} と T_{vib} の関数となるため、適当な T_{rot} と T_{vib} を決定することでその温度での放射係数が計算できる。

T_{rot} と T_{vib} の評価方法として、実測値として実験で取得した発光スペクトルから任意の 2 つのスペクトルの強度比と任意のスペクトルの勾配を算出する二点強度比法を採用した。理論値として、理論計算より導出した発光スペクトルからも同様に強度比と勾配を算出する。そして、実測値と理論値を比較したとき、2 つの誤差の和が最も小さいときの温度を評価温度に採用した。

3. 実験結果

チャンバ内圧力が大きくなるにつれ T_{rot} は増加、 T_{vib} は減少した。これは、チャンバ内圧力の上昇により分子間の衝突頻度が増加し、熱平衡状態へと近づいていることを示していると推察される。ガス温度は、 T_{rot} と近い温度となると考えられるため、圧力が増加すると、被照射物への熱的なダメージが増大すると考えられる。一方で、 T_{vib} が圧力増加に伴い減少していることから、電子エネルギーの減少が考えられる。従って、高い圧力条件下では電子衝突による分子の解離レートが低下し、成膜に寄与するラジカルの生成レートが減少すると考えられる。したがって、投入するマイクロ波電力を一定とした条件下における炭素膜の高速堆積には、低圧力下でのマイクロ波プラズマ生成が望ましいと考えられる。

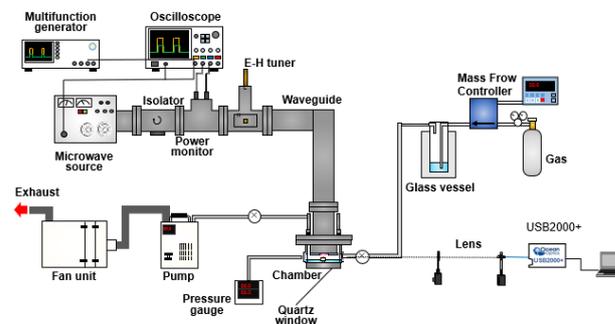


図 1 マイクロ波励起プラズマ装置の概略図

Fig 1. Experimental setup for microwave excited plasma generation

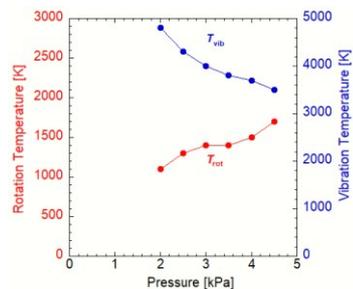


図 2 回転・振動温度の圧力依存性

Fig 2. Pressure dependence of rotation and vibration temperature