

真空中マイクロガスジェットによる水素ガス放電の特性

Characteristics of Hydrogen Gas Discharge by Micro Gas jet in Vacuum

1200023 一ノ瀬 傑 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

1. 背景と目的

走査型電子顕微鏡(SEM)試料室内の高真空中にマイクロガスジェットを用いて期待放電プラズマを生成すると SEM で観察しながら局所的なプラズマ処理が可能である[1]。これは Ar ガスを用いた局所スパッタ処理や C₂H₂ ガスを用いた炭素薄膜のコーティングの実績がある[2]。また、本研究で用いた水素ガスは陰極スパッタによる電極損耗の影響が小さく、炭素やシリコンに対して強いエッチング作用が期待されている。本研究ではマイクロガスジェットを用いて水素放電プラズマを生成し、ノズルサイズ、電極間距離、ガス流量などのパラメータから安定な放電条件を探索する。

2. 実験方法

SEM(Hitachi S-3000N)試料室内で図 1 のようにステンレス製ガスノズル(Lenox Laser, Inc. SS 1/8 Tubing)をステンレス製の試験片に対向させ、ノズルから Gap 間に水素ガスを噴射することでノズルを陽極部として直流放電させる。SEM の電子ビームを操作しながら Gap 長(50,100,150,200,300 μ m)を調整し MFC(Mass flow controller)によってガス流量(20,25,30,35sccm)を制御する。また、ガス流量を増やしすぎると SEM の観察条件である高真空状態(10⁻³Pa 程度)が保てないため上限を 35sccm に定めた。直流電圧印加後の放電開始電圧(Breakdown Voltage)をオシロスコープによって測定した。

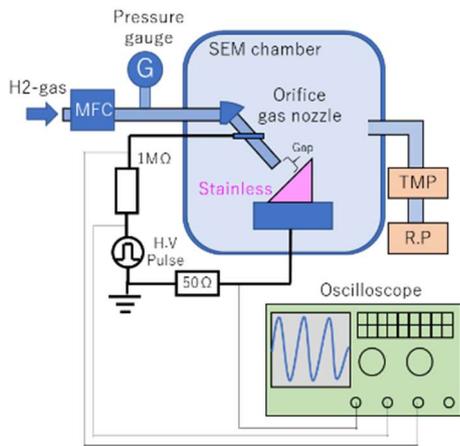


図 1 実験概要

3. 実験結果と考察

ノズルのオリフィス径 20 μ m,25 μ m,30 μ m のとき水素ガス流量に対する放電開始電圧を図 2 に示し、ノズルと試験片の間で Gap 長を変化させたときの放電開始電圧を図 3 に示す。水素ガス流量を増やすことと Gap 長を短くすることで放電開始電圧を下げる事が得られた。またノズルのオリフィス径 25 μ m が流量依存性と Gap 依存性から放電開始電圧を低くする条件であった。

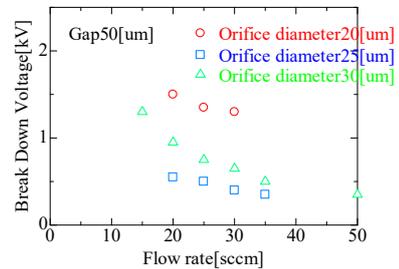


図 2 流量依存性

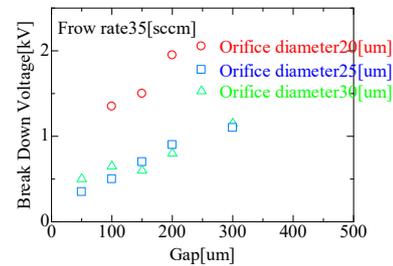


図 3 電極間距離依存性

放電開始電圧はパッシェンの法則[3]に従う。パッシェンの法則はガス種ごとに最小の放電開始電圧が存在し電極間の圧力と電極間距離の積に依存する。図 2 流量依存性から流量を増やすこと(電極間圧力を高くすること)で放電開始電圧は下げることができた。しかし図 3 電極間距離依存性から電極間距離を広げると放電開始電圧は上がった。これは Gap 長を広げると電極間で圧力が低下するためである。電極間の圧力勾配を考慮すると図 2 と図 3 の実験結果はパッシェン曲線に従っている。

4. まとめ

マイクロガスジェットを用いた水素ガス放電において流量を増やすことと Gap 長を短くすることで放電開始電圧を下げる事ができた。これはパッシェン曲線に従って放電開始電圧を下げるように実験を行ったためである。

参考文献

[1] K Matra, H Furuta and A Hatta: "Current-Voltage Characteristics of DC Discharge in Micro Gas Jet Injected into Vacuum Environment", J. Phys.: Conf. Ser. 441(2013) 012021.
 [2] Khanit Matra, Hiroshi Furuta and Akimitsu Hatta: "DC Microplasma Jet for Local a:C-H Deposition Operated in SEM Chamber", Micromachines 8(7) (2017) 211.
 [3] 放電プラズマ工学 森北出版 2007