

氏名(本籍)	Khanit MATRA (タイ)		
学位の種類	博士(学術)		
学位記番号	甲第245号		
学位授与年月日	平成25年9月30日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項		
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻		
学位論文題目	Characteristics of DC micro plasma jet in SEM and its applications		
論文審査	(主査)	高知工科大学 教授	八田 章光
		高知工科大学 教授	真田 克
		高知工科大学 准教授	古田 寛
		高知工科大学 教授	古田 守
		高知工科大学 准教授	百田 佐多生

審査結果の要旨

1.論文の評価

マイクロプラズマはプラズマテレビの開発により研究が進展し、大気圧下での材料合成、表面処理や特に生体への照射、医療処置としての応用が注目され盛んに研究されている。多くのマイクロプラズマは大気圧で動作させるが、本研究はあえて真空環境でマイクロプラズマを生成、制御し応用する点が特徴である。

放電の基本原理であるパッシェンの法則により、通常の数 cm 以上の電極サイズでは真空に近い減圧下での放電が安定となるのに対し、 μm オーダーの微細なマイクロプラズマ生成には大気圧付近の圧力が適している。大気圧や高気圧で放電させると放電の相似則により電流密度が高くなり、陰極表面が過熱してアーク放電に移行する。アーク放電は電極の劣化が激しいため材料プロセスとしては扱いにくい。高気圧でマイクロサイズの安定な放電プラズマを生成するには高速のガス流を用いて冷却するガスジェット方式と、放電をパルス制御して duty 比により入力パワーを制限するパルス放電や誘電体バリア放電が有効であるが、本研究はマイクロガスジェットによる放電方式である。マイクロガスジェットはキャピラリー状のノズルで大気中に He などの微細なガスジェットを噴射し、ガスジェットのチャンネル中で放電プラズマを発生する。大気中、空気中で自由にプラズマを扱うことができる点は画期的であるが、周囲の空気との乱流で複雑な気相化学反応が進行し、反応解析を困難としている。本研究では高気圧のマイクロガスジェットを真空中に噴射することで、局所的に高気圧ガスジェットを形成、局在したプラズマを生成し、真空中での微小領域プラズマ処理を目的に研究、開発を行ってきた。真空環境として走査型電子顕微鏡 (SEM) の内部でプラズマを生成し材料処理を行った。

局在した高気圧ガスジェットを生成するには一般に用いられるキャピラリー型ではなく、薄い壁に小さな孔をあけたオリフィス型ノズルが好ましいことから、研究の当初はステンレス管を加工して手製で試作した。後にメーカーによってレーザー加工されたオリフィスを用いるようにしている。真空中マイクロガスジェットは大気圧以上の高い圧力から真空中へガスが急速に拡散することから、パッシェンの法則におけるパッシェンミニマムの右側、高気圧側から一気に左側、低気圧側にガスの状態が変化する。拡散の過程で最も適切な放電条件でプラズマが生成する。また SEM の電子ビームを利用することで放電開始に必要な初期電子を安定して供給できる。マイクロプラズマは放電空間が小さいため、通常の放電開始に寄与する宇宙線などの放射線が空間を通過する確率が激減し、放電開始が困難である。SEM 中では電子ビームで初期電子を安定に供給できる。さらに SEM 観察の機能を活かして、ガスジェットのプロ

ファイルを直接画像としてとらえることができる。ガスジェットのプロファイルはプラズマの生成分布に大きく影響する重要な情報である。

本研究の成果として、SEM 中ガスジェットの放電特性の解析、特に静的な定常放電と自己パルス化する放電のメカニズムを解明した。プラズマ処理としてアルゴン放電プラズマによるシリコン基板の局所的なスパッタエッチング処理、またアセチレンガスプラズマによるアモルファス炭素膜の局所的な成膜に成功し、得られた処理結果をその場でSEM 観察した。これらの成果は真空中マイクロプラズマの材料プロセスへの応用を先導するもので、しかもオリジナルな取り組みであり、学位論文として価値のある成果と判断される。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成25年7月10日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成25年8月23日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成25年9月4日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、教育研究審議会で承認された。