

(6) 高次制御熱プラズマプロセスによるニューセラミックス合成と成膜

研究代表者 工学部 福政 修

研究目的

アーク放電をガス流と器壁により強制収束し、ノズルから噴出することによって得られるプラズマジェットは高温・高速・高活性の熱プラズマ流である。従って、高温化学反応や高融点材料処理などを高速で行えるという利点を有し、近年、表面改質、新素材開発などのプロセス用プラズマ源として重要な役割を担いつつある。しかしながら、プラズマジェットは一般的に大気圧下近傍で使用されるため、プラズマ体積が小さく、均一な大面積膜の作製は困難であるという欠点もあわせ持っている。

本研究の目的は、中間圧力下 ($10^2 \sim 10^{-1}$ Torr) でプラズマジェットを用いることで、①熱プラズマの利点である高い反応速度を維持したまま、低温プラズマの特長であるプロセスの大容量化・均一化を図ること、②中間圧力下の新しいプラズマ媒体を利用することで高品質なプロセスを実現すること、にある。今年度は我々が開発したプロセス装置を用いて、以下の3点に重点を置き、研究を行った。

- (1) メタンと水素の混合気体を用いた、熱プラズマプロセスによる大面積ダイヤモンド膜の高速合成に関する検討
- (2) 炭酸ナトリウム、 α -アルミナ、酸化マグネシウムの混合粉末からのイオン導電性セラミックス膜 (β - γ -アルミナ) の高効率生成法の確立。
- (3) プロセス進行中の非軸対称プラズマジェットのプラズマパラメータ測定法の開発。

研究成果

本報告では(1)のダイヤモンド合成について、特にダイヤモンド合成中のプラズマジェットからの発光スペクトルと基板上に合成される粒子との関係を調べ、ダイヤモンド合成に重要な役割を果たす粒子種について検討した結果について述べる。(2)、(3)に関

する結果は本稿末尾の研究発表1)、3)、4)の文献にゆずる。

図1に実験装置の概略を示す。プロセッシング装置は、強制伸張型プラズマジェット発生器、フィードリング、压力容器からなる。処理材料はメタンと水素を混合し使い、フィードリングよりプラズマジェットの注入する。プラズマからの発光スペクトルは集光レンズ、光ファイバー、分光器を用いて求めた。プロセス条件は、容器圧力 (Pt) 20Torr、正味アーク入力3kW、水素流量5 l/min、メタン流量0~1.0 l/minでスペクトル線の測定は基板上1mmの位置で行った。

図1. 実験装置

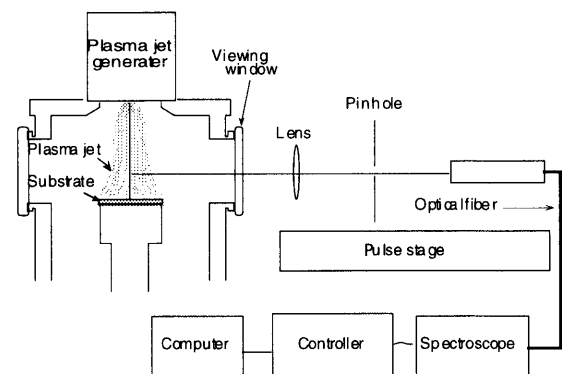


図2にジェットに供給するメタンと水素の混合比 (CH_4/H_2) と基板中心付近に堆積する粒子との関係を示す。堆積する粒子は3種類に分類できる。 CH_4/H_2 の値が大きくなるに従って、多角形上の粒子 (Type A)、(100)の結晶面を含む球状粒子 (Type B)、球状粒子 (Type C) の順に析出した。これらの粒子はラマン分光分析の結果から、Type Aは自形の発達したダイヤモンド粒子、Type Bは不純物を多く含むダイヤモンド粒子、Type Cはダイヤモンドでない粒子であることが分かった。

図3は3種類の粒子が合成される条件下で、プラ

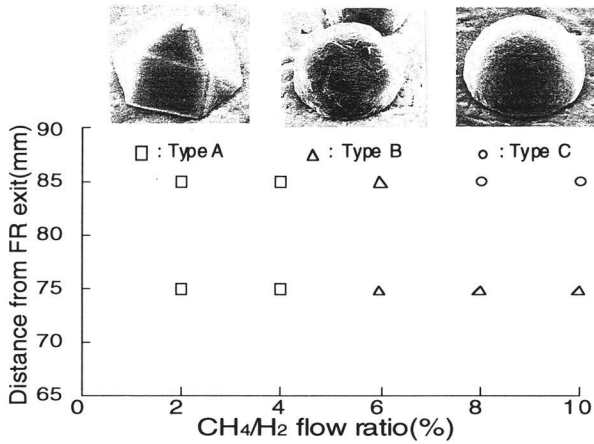


図2. 析出粒子と CH₄/H₂ の関係

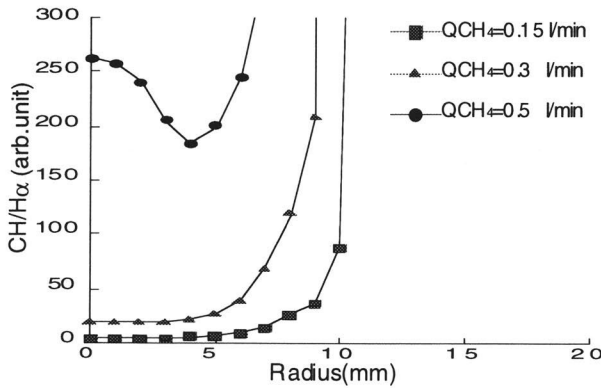


図3. CH/H α の径方向分布

ズマジェットから放射されるスペクトルを測定し、そのうち CH (431.4nm) と H α (656.3nm) の線強度比 (CH/H α) の径方向分布を求めた結果である。混合比 CH₄/H₂ が大きくなるに従って、また基板外周部に向かうに従って CH/H α が大きくなる。これらの結果を先の析出粒子の結果と比較すると、CH/H α の値が小さいほど高品質のダイヤモンドが析出することがわかる。さらに、CH/H α の径方向分布と析出したダイヤモンド膜の半径を比較すると、CH/H α の値が一定に保たれている領域でダイヤモンドが合成されていた。

以上より、CH/H α は析出ダイヤモンドの品質と面積を示すモニタ量として利用できることがわかった。

産業技術への貢献

本研究で目指す減圧熱プラズマプロセスは新素材開発から有害廃棄物処理まで応用範囲は多岐にわたり、特に今年度の成果は精密制御プロセスの実現、航空・宇宙分野や鉄鋼分野など極端条件下での耐環境性コーティング、新エネルギー機器開発分野などに貢献できると考えられる。

研究発表

- 1) 崎山智司、福政 修：「CT法を用いた非軸対称プラズマジェットの熱伝達量測定」, 電気学会論文誌 vol.118-A No.11 (1998) p1320
- 2) 崎山智司、福政 修：「減圧熱プラズマプロセスによるダイヤモンド合成」, 金属学会誌 vol.63 No.1 (1999) p55
- 3) S.Sakiyama and O.Fukumasa：「Diagnosis of the Asymmetrical Thermal Plasma Jet Using Computer Tomography Technique」, Jpn. J. Appl. Phys. vol.38 No.7B (1999) (in press)
- 4) O.Fukumasa, S.Sakiyama, and H.Esaki：「Synthesis of β -Alumina from Powder Mixtures Using Thermal Plasma Processing」, Jpn. J. Appl. Phys. vol.38 No.7B (1999) (in press)

グループメンバー

氏名	所属	職 (学年)
福政 修	工・電気電子	教授
崎山 智司	工・電気電子	助手
江崎 博俊	理工・電気電子	M2

連絡先

TEL : 0836-35-9463 FAX : 0836-35-9449
E-mail : fukumasa@plasma.eee.yamaguchi-u.ac.jp