

## (11) 減圧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

プラズマジェットはアーク放電をガス流と器壁により収束安定化して得られる高温・高速・高活性の熱プラズマ流で、高融点材料処理、高温化学反応、新素材開発などのプロセス用プラズマ源として注目されている。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。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。今年度は以下の3点に重点を置き研究を行った。

- (1) プロセス進行中の非軸対称プラズマジェットの診断法を開発する。
- (2) 容器圧力が生成膜に及ぼす影響を、ダイヤモンド薄膜合成、金属-セラミックス傾斜構造膜作製を対象とし、明らかにする。
- (3) イオン導電性セラミックス膜 ( $\beta$ "-アルミナ) の高効率生成法を確立する。

### 研究成果

以下に得られた知見をまとめる。

- (1) 処理材料が注入され軸対称性を失うプロセス進行中のプラズマジェットの診断法として、コンピュータトモグラフィ (CT) 法の適用可能性を、カロリメトリックプローブを用いた熱伝達量測定により検討した。図1はプラズマジェット中に材料送給用のフィードガスを注入しない場合(同図(a))とした場合(同図(b))の熱伝達量の2次元分布である。フィードガスを注入しない場合はジェットは軸対称と判断される。これに対し、注入

した場合、分布は非軸対称となり、CT法を用いることでフィードガスの進入状態が観測可能となり、この手法の有効性が確認された。

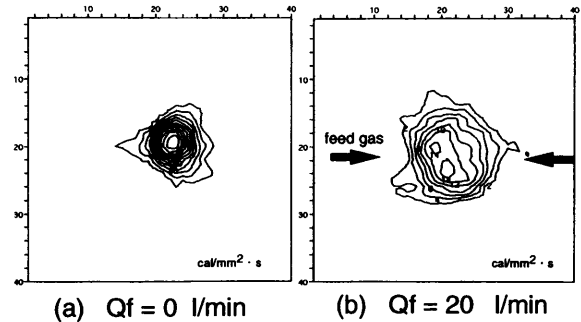


図1 熱伝達量の2次元分布

- (2) 処理材料を気体とし、メタンと水素の混合ガスをジェットに供給し、得られたダイヤモンド膜の容器圧力依存性を図2に示す。容器圧力を減じることにより、膜厚は多少減少するが、著しく膜の均一性は改善され、析出面積は増加し、減圧下でプラズマジェットを用いることによりプロセスの均一化、大面積化が可能であることが分かる。

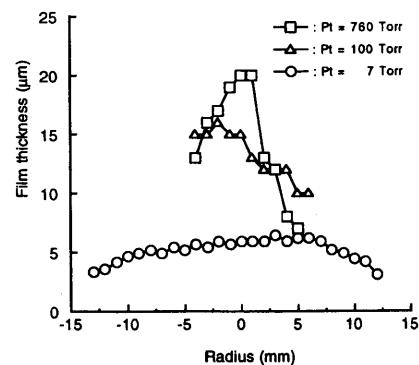


図2 ダイヤモンド膜厚の径方向分布

また、処理材料を2種類(アルミニウム、 $\alpha$ -アルミナ)の粉末材料とし、アルミニウム粉末、混合粉末(混合比1:1)、アルミナ粉末の順にジェットに送給し、多層構造膜の作製を試みると共に、容器圧力が成膜に及ぼす影響を観測した。減圧下及び大気圧下ともに3層構造の膜が作製され、膜

表面から基板に向かってアルミナからアルミニウムへ変化する傾斜構造をとっていることがわかった。しかし、膜質は圧力により異なっており、減圧下で得られた膜は気孔が少なく、緻密となっていた。また、表面高度及び密着度も減圧下の場合は大気圧下に比較して高くなった。

このような減圧プロセスによる膜特性の改善は、減圧下ではジェットの高温・高速度の領域が拡大されるとともに、径方向への温度や粒子密度の勾配が緩やかとなるために生じるものと考えられる。

(3) 炭酸ナトリウム、 $\alpha$ -アルミナ、酸化マグネシウムの混合粉末をジェットに送給し処理することにより、イオン導電性を有する $\beta''$ -アルミナが合成されることが明らかとなった。図3に示すように、合成は混合粉末中の炭酸ナトリウムの濃度に大きく依存している。また、プラズマ温度とも密接な関係を持っており、これらが高効率合成法を確立するための重要なパラメーターであることが分かった。

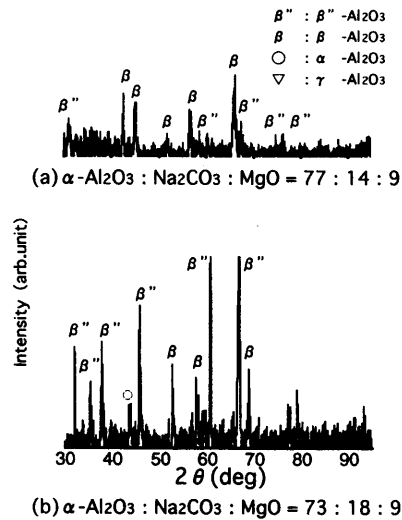


図3  $\beta''$ -アルミナ合成におよぼす炭酸ナトリウム濃度の影響

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) S.Sakiyama, O.Fukumasa, T.Murakami and T.Kobayashi : 「Spectroscopic Measurement of DC Plasma Jet in Diamond Synthesis」 ; Jpn. J. Appl. Phys. Vol.36, p.5003, 1997.7.
- 2) O.Fukumasa, S.Sakiyama and H.Esaki : 「Preparation of  $\beta''$ -Alumina Thin Films from Powder Mixtures in Thermal Plasma Processing」 ; Proc. 1st Asia-Pacific Inter. Symp. Basic and Application of Plasma Tech., p.203, 1997.12.
- 3) S.Sakiyama and O.Fukumasa : 「Fabrication of Functionally Gradient Materials by Plasma Spraying」 ; Proc. 15th Symp. on Plasma Processing p.434, 1998.1.
- 4) 福政 修 : 「熱プラズマを用いた材料プロセスの新しい展開」 ; 応用物理 Vol.67 p.181, 1998.2.
- 5) 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診断」 ; 電気学会論文誌 A. (投稿中)

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
畠中 政徳	理工・電気電子	M2
安納 克茂	理工・電気電子	M2
江崎 博	理工・電気電子	M1

連絡先

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