

28pB16P

永久磁石を用いたホール型プラズマビーム源の基礎特性

Characteristics of a Hall-Type Plasma Beam Source by use of Permanent Magnet

福田昌史, 人見敬一郎, 服部邦彦, 安藤 晃, 犬竹正明
東北大学大学院 工学研究科

FUKUDA Masashi, HITOMI Keiichiro, HATTORI Kunihiko, ANDO Akira and INUTAKE Masaaki
Department of Electrical Engineering, Graduate school of Engineering, Tohoku University

ホール型プラズマ推進機は、1960年代にロシアで研究が始まり、比較的比推力(～1,500秒)で高効率(50%)動作が可能のため、現在では主に人工衛星の軌道保持制御などに実用化されつつある。ホール型プラズマ源では、放電チャンネルに軸方向の電場および径方向の磁場が印加されている。チャンネル長に比べてラーマー半径が小さい電子は周方向に $E \times B$ ドリフトしホール電流が流れ、ラーマー半径の大きいイオンは軸方向電場により加速される。

一方、粒子イオンビームは電気推進機だけでなく産業や医療などさまざまな分野で応用されているが、静電加速型イオン源では空間電荷効果による電流密度の制限(Child-Langmuir 則)を受けるため低電圧大電流イオン源の実現が困難であった。しかし、ホール加速では放電部が準中性に保たれ、電流制限を受けないため、大きな引き出し電流密度を取ることができる。この性質を利用し、本研究では、このホール加速を用い、静電加速型イオン源では生成できなかった数 100eV から数 keV の領域で $100\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度を持つプラズマビーム源の開発を目指した実験を行ってきた¹⁾。

高効率の加速のためは放電チャンネル内の磁場形状・磁場強度が重要であるが、これまでの実験により、磁場発生源に磁気コイルを用いたホール型プラズマビーム源の実験では、磁場強度の増加に伴い、ビーム電流が増加することが明らかとなった。しかし、磁気コイルでは 0.1T を超えるような磁場を発生できなかったため、今回、磁場発生源にネオジウム系の永久磁石を用いて、従来のビーム源と磁気回路をほとんど変更することなく、0.14T の磁場強度を持つビーム源を新たに設計・製作した。また、磁場発生源を永久磁石に変更することは、電力の低減や装置全体の簡素化などに有用である。Fig.1 に新たに設計・製作したビーム源の断面図を、Fig.2 に今回得られた放電電圧-放電電流特性を示す。

本発表では、イオンビーム電流密度や推力などを測定し、直流磁場コイルを用いた従来のホール型プラズマ推進機との比較を行う予定である。

1) 鷲 雪子 他. プラズマ・核融合学会第 18 回年会予稿集 27pA21P

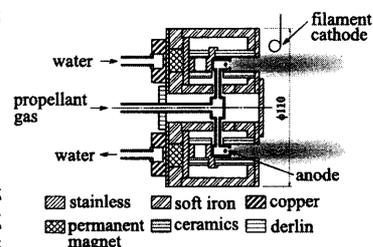


Fig.1 Schematic of a hall-type plasma beam source by use of permanent magnet.

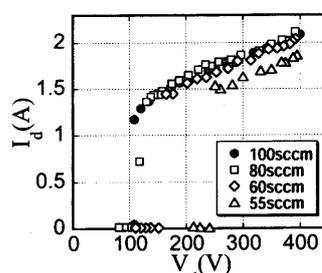


Fig.2 Discharge voltage-current characteristics.

28pB17P

レーザーアブレーション Ti プラズマにおける Ti , Ti^+ , TiO の密度分布のレーザー誘起蛍光画像計測

Measurements of density distributions of Ti , Ti^+ , and TiO in laser-ablation

Ti plumes by laser-induced fluorescence imaging spectroscopy

伊藤寛和, 佐々木浩一, 門田清

名大工

H.Ito, K.Sasaki, and K.Kadota

Department of electronics, Nagoya University

研究目的: 我々は、酸素雰囲気中において金属チタンをレーザーアブレーションすることにより、酸化チタン薄膜の作成を試みている。この方法において、薄膜作成の制御を効率的に行うためには、ターゲットから放出された粒子および、酸素との化学反応によって生成される酸化物の挙動の解明が必要である。そこで、時間・空間分解能に優れた二次元レーザー誘起蛍光法を用いて、アブレーションチタンプラズマ中の Ti , Ti^+ , および TiO の密度分布を測定し、それらの結果から気相中で生じる反応過程について検討する。

測定方法: 酸素ガス圧を一定に保ったチャンパー内において、ターゲットに垂直方向から Nd:YAG レーザー(波長:266nm,フルエンス:5J/cm²)を、レンズを用いて金属チタンターゲット上に集光することによりアブレーションを行う。このとき、各粒子の励起波長に合わせた波長可変(OPO)レーザー光を、シリンドリカルレンズを用いてシート状に整形し、ターゲットに平行な方向からアブレーションプラズマに入射する。上準位へ励起された粒子が下準位へ遷移するときの誘起蛍光を、干渉フィルタを介してイメージンシファイア付きの CCD カメラによって撮影することにより粒子密度分布を得る。また、YAG レーザーと OPO レーザーの照射の間隔を変えることにより密度分布の時間変化を得る。さらに、得られた粒子密度分布を空間積分することにより、プラズマ内の各粒子の総数およびその時間変化を求めらる。

結果: 図 1 にさまざまな雰囲気酸素ガス圧で測定されたプラズマ内の TiO 分子の総粒子数の時間変化を示す。酸素ガス圧が高くなるにつれて、 TiO の総粒子数は減少し、減衰定数も大きくなっている。これらは、圧力が高くなるとプラズマ内において、 Ti の酸化 ($\text{Ti} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO} + \text{O}$) によって TiO が生成される反応よりも TiO の酸化 ($\text{TiO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO}_2 + \text{O}$) によって TiO が消滅する反応のほうが高速であることを示している。講演では、 Ti , Ti^+ , および TiO の密度分布の時間変化やそれらの位置関係、総粒子数の時間変化やガス圧依存性から、プラズマ内で生じるその他の反応についても報告する。

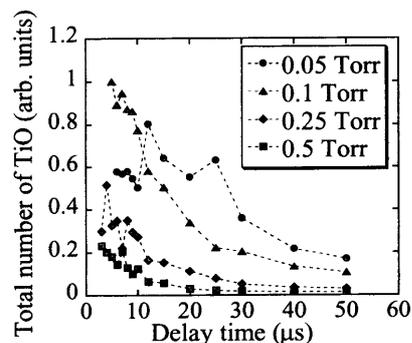


図1 TiO 分子の総粒子数の時間変化