

プローブ法によるパルス状プラズマ温度・密度計測のための 較正実験

坂本凌平(法政大学理工学部創生科学科)

万戸雄輝(徳島大学大学院)、田中孝治(宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所)

1. 実験の目的と概要

小型衛星あるいは観測ロケット搭載用の観測機器開発のためのデータ取得の実施を行った。シングルプローブを用いて、電子電流特性を調べプラズマパラメータの変化を測定した。また、実験経過につれてプラズマ源のフィラメントが劣化するがそれによってプラズマパラメータがどのように変化するかを計測した。

はトリプルプローブの略称である。以下の図2にシングルプローブの回路図を示す。

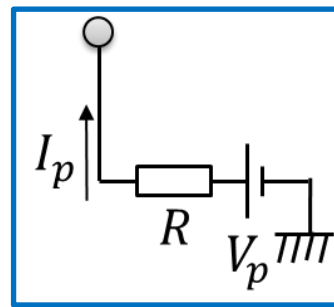


図2 シングルプローブの回路図

2. 実験方法と結果

実験の較正を以下の図1に示す。

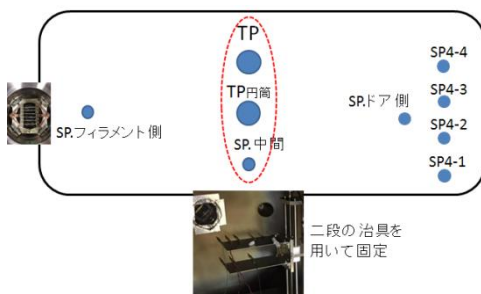


図1 中型真空チャンバー内のプローブ

図1は中型真空チャンバーを上から見た図である。図中のSPはシングルプローブ、TP

次に後方拡散プラズマ源であるフィラメント作成について説明する。金属薄板で出来たフィラメントに酸化物を塗り、この工程を2~3回繰り返す、十分な量の酸化物を塗布する。中型真空チャンバーの後方に取り付け、活性化を行う。ヒーターを40Aまで1分ずつ上げていくことでフィラメントについた不純物を取り除く工程である。活性化はチャンバー内の真空度が 10^{-5} の時に進行。ヒーターを40Aまで上げたら数時間放置する。フィラメ

ントの活性化後、中性ガスである Ar ガスをチャンバーの真空度が 8×10^{-3} になるまで注入し、プレート電圧 100V、グリッド電圧 200V に設定する。酸化物塗布前後のフィラメントを図 3、後方拡散プラズマの原理を図 4 に示す。

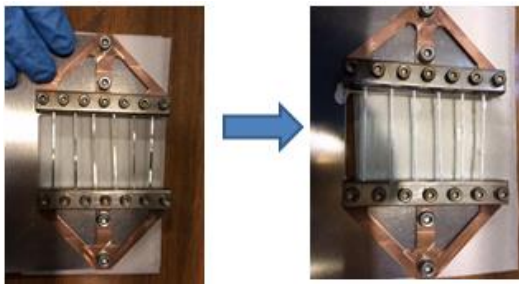


図 3 酸化物塗布前後のフィラメント

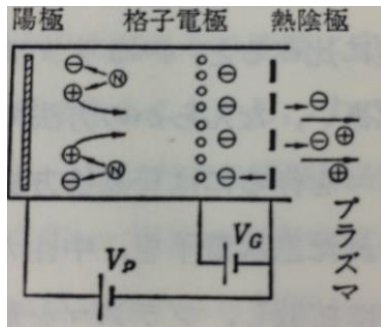


図 4 後方拡散プラズマの原理

シングルプローブ法によるプラズマの計測により、求めたプラズマパラメータの結果を表 1 に示す。

		2月14日	2月15日,12:30	16:00	17:00	2月16日14:00
SP.F	電子温度 eV	0.4	0.6	1	1.7	1.7
	電子密度 /cm ³	1.6×10^8	1.07×10^8	9.3×10^7	1.7×10^8	1.7×10^8
SP.M	eV				1.2	
	/cm ³				1.1×10^7	
SP.D	eV		1.2	1.2		1.85
	/cm ³		1.03×10^7	3.6×10^7		2.9×10^6

また 2 月 14 日(フィラメント新品)と 2 月 16 日(フィラメント劣化後)の電子電流特性のグラフを比較する。

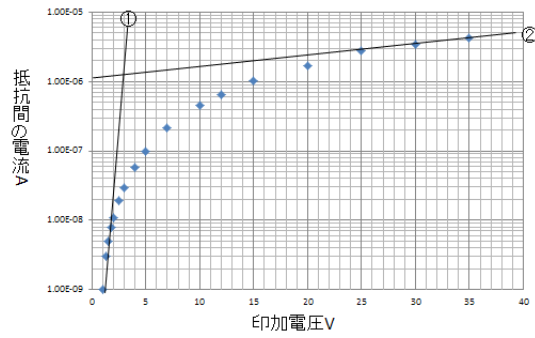


図 5 2 月 14 日の電子電流特性

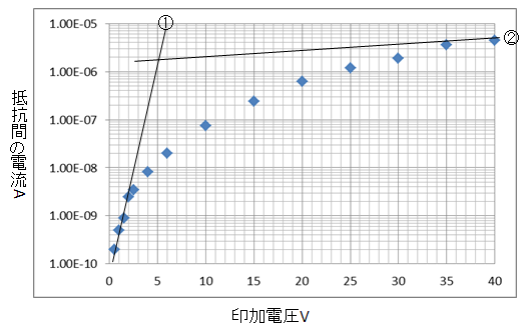


図 6 2 月 16 日の電子電流特性

両者を比較すると、フィラメントが劣化するにつれて電子温度が高くなり接線の傾きが大きくなっていることが分かる。プラズマパラメータを求める際に用いた式を以下に示す。

$$N_e(\text{cm}^{-3}) = 3.73 \times 10^{11} \frac{I_{e0}(\text{Amp})}{\text{Scm}^2 [T_e(\text{eV})]^{1/2}}$$

ここで $N_e(\text{cm}^{-3})$ は電子密度、 $I_{e0}(\text{Amp})$ はイオン飽和電流、 Scm^2 はプローブの表面積、

$T_e(eV)$ は電子温度である。図5、6の①の接線の傾きが電子温度、①と②の交点がイオン飽和電流となる。劣化前後のフィラメントを図7に示す。

使用前のフィラメント



使用後のフィラメント

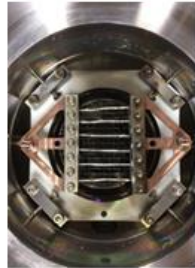


図7 使用前後のフィラメント

図7から使用後のフィラメントは酸化物が剥がれ落ち、金属薄板もゆがんでいることが分かる。

3. 考察

フィラメントの劣化により電子温度 T_e が上昇することが分かった。またフィラメントに近いプローブで観測されたプラズマの方が比較的電子密度が大きいことが分かった。