同軸プラズマ銃における荷電粒子密度分布*

蓼 碩喜・中野義映（東京工大）**

（1964年12月21日 受理）

Abstract

Upon measuring the magnetic field distribution and axial-electric field in a coaxial plasma gun, we could obtain the charged particles density distribution in the gun.

Spitzer 氏¹⁾ の式において、電子とイオンの慣性項および $\text{grad } p$ を無視することにより次の式が得られる。

$$\mathbf{j} = \sigma \left(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} - \frac{1}{en_e} \mathbf{j} \times \mathbf{B} \right) \quad (1)$$

但し、 σ は電気伝導度、 e は電子電荷である。今の場合、 $\mathbf{j} = (j_r, 0, j_z)$ 、 $\mathbf{E} = (E_r, 0, E_z)$ 、 $\mathbf{B} = (0, B_\theta, 0)$ 、 $\mathbf{v} = (0, 0, v)$ 、 $n_e = n_i = n$ であるから、(1) 式は次のように書くことができる。

* Charged particle density distribution in a coaxial plasma gun

** Suckhi Be, Yoshiei Nakano

(Tokyo Institute of Technology)

$$E_z = \frac{j_z}{\sigma} - \frac{1}{en} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{B_\theta^2}{2\mu_0} \right) \quad (2)$$

但し、 E_z は複探極により測定される軸方向電界、 B_θ は放電電流によって生じた誘導磁界、 j_z は軸方向電流である。

$\frac{j_z}{\sigma}$ は他の項に比較して小さいので、(2)式は

$$\begin{aligned} \frac{B_\theta^2}{2\mu_0} &= -en \int E_z dz \\ &= en E_z d \end{aligned} \quad (3)$$

のようになる。従って、 n は電流シートの厚さ d 、 E_z および B_θ が測定されれば求まることになる。電流シートの厚さ d は磁気探極の出力波形の立上り時間と電流シートの速度の積として求まる。筆者らの場合、 d は 5 cm 程度であった。

(3) 式を求める際、 E_z は一定で、 B_θ は電流シートの先には存在しないという仮定を用いた。(3) 式の物理的な意味は電流シートにかかる全磁気力は、 E_z がイオンを加速する力に等しいことを意味する。

磁束密度分布 (第 1 図) の測定については、以前に筆者ら²⁾ が報告しているので省略し、ここでは E_z の測定法についてのみ簡単にのべる。

二つの探極に電圧を印加しない場合には、二つの探極に流れる電流は、双方の探極が位置する場所のプラズマ電位差 V_c によって流れると考えられるから、 V_c は

$$V_c = i_d R \quad (4)$$

のようになる。但し、 R は外部回路の抵抗である。探極間の距離 ℓ とすると、次の式が成立する。

$$E_z = \frac{i_d R}{\ell} \quad (5)$$

筆者らの場合、(5) 式より求めた E_z は 5 V/cm 程度であった。以上のべたように、磁束密度分布および (5) 式より求めた E_z を用いて

(3) 式から荷電粒子密度分布 (この場合は、イオン密度を求めることになる。) を求め、第 2 図に示した。同図にある、中性分子密度は、6 AH 6 を電離真空計として測定したものである。

同軸プラズマ銃における荷電粒子密度分布

最後に、複探極法により密度の求め方について述べる。

探極に流れ込むイオンは、無秩序運動によるイオンよりもむしろ大部分は電流シートの平均速度によって寄与すると考えられることから探極に流れ込むイオン電流 i_p は、

$$i_p = neVA \quad (6)$$

によって与えられる。但し、 i_p は複探極法により測定（具体的な値は第1表に示す）、 V はプラズマシートの速さ（磁気探極より測定し、 $\sim 6 \times 10^4 \text{ m/sec}$ ）、 A は鞘の面積である。

第 1 表 プラズマ銃内外のイオン密度
放電後 $4 \mu \text{ sec}$

位 置	イオン電流 A	イオン電流密度 A/m^2	イオン密度 $1/\text{cm}^3$
銃の出口から内 側へ約 20 cm	0.25	3.18×10^5	3.3×10^{13}
銃の出口から内 側へ約 10 cm	0.092	1.17×10^5	1.2×10^{13}
銃の出口から外 側へ約 30 cm	0.053	6.75×10^4	7×10^{12}

従って、 $n = i_p / eVA$ によって荷電粒子密度が求まる。以上の複探極法測定において、次のような仮定をした。

- i) プラズマは、マックスウェル分布をしている。
- ii) プラズマが、厚さ d なる電流シートとして走っているので、探極を通過する時間は短いとその間にイオン鞘ができる。

結 言

以上のようにして、同軸プラズマ銃における半径一定の点に従って軸方向の荷電粒子密度分布を求めたが、実験装置の都合上、プラズマ銃の全長にわたって、同じ測定法に基づいて議論できなかったことは遺憾であった。しかし、約 20 cm 以下の点については、(6) 式より求めることができた。複探極を放電開始場所から、約 20 cm 以下に近づけると測定しようとする、信号に入ってくる誘導が大きく測定上困難を伴い測定不可能であった。

以上の二通りによって求めた値は、第2図から、明らかなように 20 cm 近傍においてほぼ一致

同軸プラズマ銃における荷電粒子密度分布

することがわかる。ガス注入口から近い距離において、中性分子密度が荷電粒子密度より小さくなっているのは、電極から発生する不純物の影響によるものと思われる。

実験の遂行およびその結果の討論に協力を得た本学大学院生江野窪文章、卒業生御子柴茂生両君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) L. Spitzer, Jr. Phys of Fully Ionized Gases p.28, (2-12)
- 2) 斐・中野 核融合研究 12 465 (1964)