

# 核融合研究用大容量イオン源

内藤勝男 村瀬研也 布垣昌伸 秋宗秀夫 阪大工

磁場保持による核融合炉に於ては、プラズマの加熱、燃料注入、又はエネルギー成分プラズマ方式などに、大容量の高速中性粒子入射装置或いはその前段階の大容量イオン源が必要である。このイオン源では、径方向に一様で擾乱のない高密度、高電離プラズマが十分にイオン引出し部に供給されているか否かが、ほとんどその性能を決定するとい、てよい。現在、この種の代表的イオン源である Duo-PIGatron<sup>(1)</sup>、LBL-10<sup>(2)</sup> のソースプラズマは大体的にこれらの条件を満たしているが、前者はその生成を引出し部より離れて局所的に行うため、まだプラズマの径方向の一様性に難点があるし、後者は引出し部近くで面分布した放電を用いており一様性は良好であるが、電離度に問題が残る。又両者共、ホール放電であり以後その準定常化が必要になるう。

Fig. 1 に概略図を示す本イオン源では、プラズマの生成を2段階に分けて行うことで、上述の諸条件をほぼ満足する定常ソースプラズマを得ている。第1段には TPD<sup>(3)</sup> プラズマ源型の磁場中の熱陰極放電を用いており、通常その陰極は  $\phi 8\text{mm}$  タングステン線、陽極は長さ  $7\text{cm}$  直径  $2.2\text{cm}$  の銅製円筒である。(Fig. 1 に示されているのは特にプラズマの一様性改善のために4個の熱陰極が取付けられるものである。) 第1段で生成されたプラズマは第2段に拡散し、これが種となり、第1段陽極に取りつけられたチツポ(ホロー陰極)と直径  $8\text{cm}$  の円筒陽極との間で強い放電が起り、ここで生成されたプラズマが引出し部に供給される。又ホロー陰極、円筒陽極、引出部第一電極は PIG 放電型配置として電離効率を上げている。径方向の一様性に関しては、

Fig. 2 に示すように、直径  $7\text{cm}$  にわたって  $n \sim 10^{12}/\text{cm}^3$ 、 $\alpha/n \sim 2\%$  程度のプラズマが得られている。プラズマ生成に関する主なパラメータ、即ち、第1段部磁場( $B_1$ )、引出し部磁場( $B_2$ )、ホロー陰極と円筒陽極との距離( $d_1$ )、円筒陽極と引出部第一電極との距離( $d_2$ )、第1段放電電圧、電流( $V_1, I_1$ )、第2段放電電圧、電流( $V_2, I_2$ )、放電室ガス圧( $P$ )等について最適化を行うため  $1\text{KV}$  加速における全引出し電流( $I_{ex}$ )を測定した。Fig. 3 は  $B_2$  に対する  $I_2$  及び  $I_{ex}$  を  $B_1$  をパラメータとして調べたものである。 $B_2$  を下げていくと  $I_2 (\propto n_p)$  は増加するが  $I_{ex}$  はそれよりも急激に増加し、この傾向は特に  $B_1 = 0\text{G}$  の場合に著しい。Fig. 4 は  $V_2$  に対する  $I_2$  及び  $I_{ex}$  を  $d_1$  をパラメータとして調べた一例である。 $d_1 = 6\text{cm}$  の場合の方が放電は強いが、 $d_1 = 0\text{cm}$  の場合に比べて、 $I_2$  に対する  $I_{ex}$  が小さいのがわかる。注入電力( $V_2 \times I_2$ )に対する  $I_{ex}$  の値を調べても、 $d_1 = 0\text{cm}$  の場合の方が効率が良い。これらは時間的空間的なプラズマの非均一性によるものと考えられる。

最適化の結果、現在  $V_1 \sim 30\text{V}$ 、 $I_1 \sim 40\text{A}$ 、 $V_2 \sim 70\text{V}$ 、 $I_2 \sim 50\text{A}$ 、 $B_1 \sim 60\text{G}$ 、 $B_2 \sim 0\text{G}$ 、 $d_1 \sim -2.7\text{cm}$  (これはホロー陰極が円筒陽極内に挿入されている状態)、 $d_2 \sim 7\text{cm}$ 、 $P \sim 3\text{mTorr}$ 、で定常引出しを行っている。現在までに、 $7\text{mm}$  の孔を19個設けた多孔電極を用いて、 $25\text{kV}$ 、 $1.5\text{A}$  の集束のよいビームが得られているが、この電極は array diameter が  $5.5\text{cm}$  のものであり、これを上げる改造を行っている。

- 参考文献 (1) W.L. Stirling et al. Proc. Symp. on Ion Sources & Formation of Ion Beams. BNL-SD310 167 ('71)  
(2) K.W. Ehlers et al. J. Vac. Sci. Tech. 10 922 ('73)  
(3) M. Otsuka. Ann. Rev. of Inst. of Plasma Phys, Nagoya Univ., March ('67)

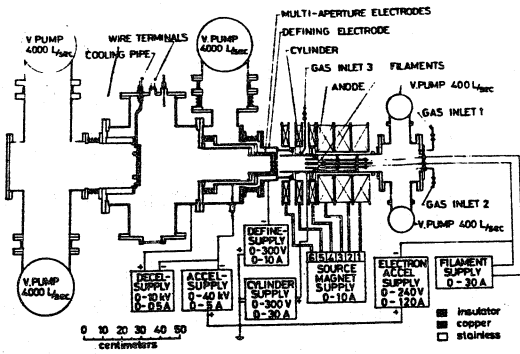


Fig. 1 Cross-sectional drawing of the source

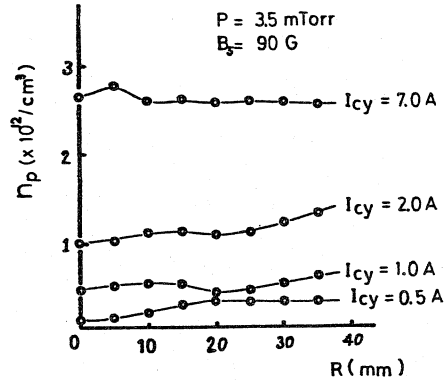


Fig. 2 Radial density distribution of the source plasma using the 4-hot cathode discharge

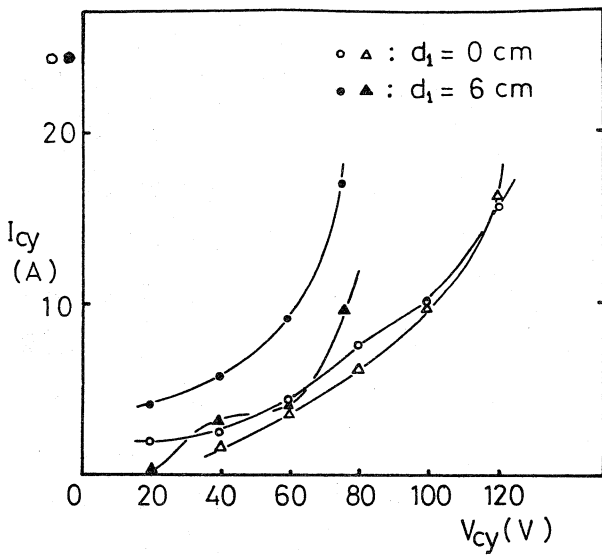


Fig. 3 Discharge current in the 2nd stage & extracted ion current with an extracting potential of 1 kV vs the cylinder voltage

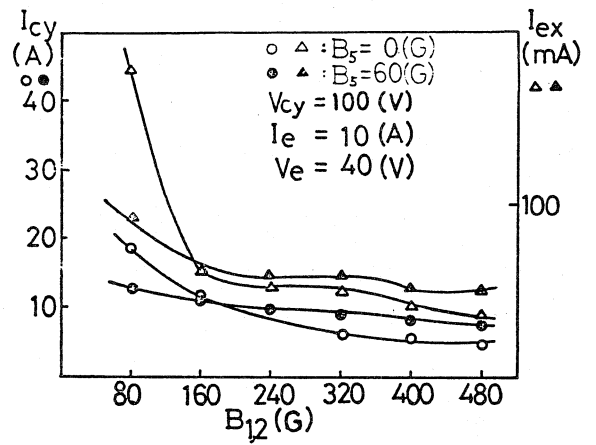


Fig. 4 Discharge current in the 2nd stage & extracted ion current with an extracting potential of 1 kV vs the strength of the magnetic field at the 1st stage