

凹面電極で引き出された低エネルギー・高電流密度 イオンビームの自発的集束

Spontaneous Focusing of Low-energy High-current-density Ion Beam
extracted through Concave Electrodes

平野洋一^{1,2}、木山 學¹、榊田 創^{1,3}、小口 治久¹、藤原 大³、中宮明久³

Yoichi HIRANO^{1,2}, Satoru KIYAMA¹, Hajime SAKAKITA^{1,3},

Haruhisa KOGUCHI¹, Yutaka FUJIWARA³, Akihisa NAKAMIYA³

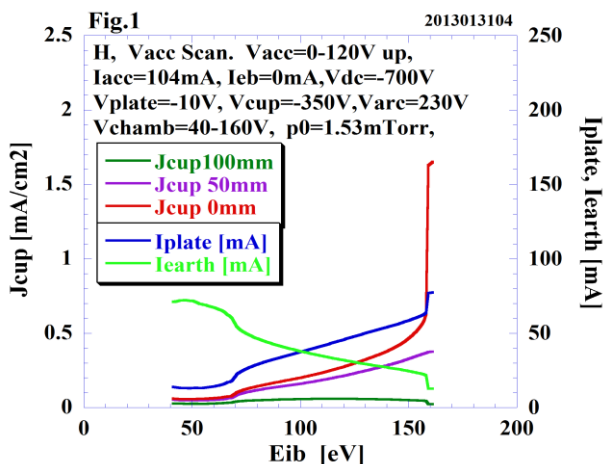
¹ 産総研先進プラズマ、Advanced Plasma, AIST、² 日大理工物理、Phys. CST, Nihon Univ.

³ 筑波大システム情報、System Information, Tsukuba Univ.

前回の本学会での発表で、凹面電極を用いたイオン源でのビーム引き出し実験において、別途生成した電子ビームをイオン源の接地電極に入射することにより、 $\sim 100\text{eV}$ 、 $\sim 60\text{mA}$ の水素イオンビームの発散を抑えて、集束性の高いイオンビームが得られることを報告したが⁽¹⁾、その後引き続き行った実験で、少し高いエネルギー ($> \sim 150\text{eV}$) 領域で、電子ビームの入射なしでもビームの集束が非常に良い状態が自発的に現れる現象を見出したので、その結果について報告する⁽²⁾。

使用したイオン源は⁽¹⁾、銅製のイオン源容器とカusp磁場を用いるバケット型のもので、プラズマ生成には 4 本のタングステンフィラメント ($2\text{mm}\phi$ 、 160mm 長) のアーク放電を用いている。ビーム引き出し用の加速、減速、接地の三枚の電極は、厚さ 1mm のモリブデン製で、いずれも凹面形状をしている (焦点距離 350mm 、有効径 $80\text{mm}\phi$ 、引き出し孔径 $1.5\text{mm}\phi$ 、透過率 $\sim 50\%$)。

Fig.1 に、ビーム引き出し電流 $I_{\text{acc}} = 100\text{mA}$ の場合に、ビームエネルギーを変化させた時の、ファラデイカップで測定したイオンビーム電流密度 J_{cup} の変化を示す。カップの位置は電極から $Z = 285\text{mm}$ 、半径方向に $r = 0\text{mm}$ (ビーム中心、赤)、 50mm (紫)、 100mm (緑) の 3 点である。



ターゲット板へ流入する電流 (青) I_{plate} 、接地電極へ流入する電流 (黄緑) I_{earth} を併せて示した。

ビームエネルギーが 50eV 以下の低いところでは、 75mA という大きな電流が接地電極に流れ込みイオンビームはその一部しか ($\sim 15\text{mA}$) ターゲット板に到達しない。また、中心電流密度 J_{cup0} は 0.05mA/cm^2 と小さく、分布も平坦に近い。ビームエネルギーを上げてゆくと I_{earth} は次第に減少し I_{plate} は増加してゆく。これに伴いビームの集束は次第に良くなってゆくが、面白いことに、ビームエネルギーが 160eV に近くなったところで、 J_{cup0} と I_{plate} が階段状に急激に増加する。特に J_{cup0} の増加が著しく、ビームは非常に集束の良い状態へと遷移する。Fig.2 にこの状態でのビーム電流密度の半径方向分布 (実線) を示す。図にはその時の電子電流密度分布 (符号反転したもの、点線) を同時に示した。高い集束の状態ではイオン電荷を打ち消す電子が存在することが見出された。発表ではこの遷移現象のパラメータ依存性とメカニズム、可能な電子発生源の考察、等について報告する。

(1) Y. Hirano, S. Kiyama, et.al. JJAP, **52**(2013)066001

(2) Y. Hirano, S. Kiyama, et.al. submitted to Rev. Scientific Instr., Proc. 2013 Int. Conf. Ion S. Thu67P.

