

二次電子放出を用いた高電流密度低エネルギーイオンビームの集束 Focusing of High-density Low-energy Ion Beam by using Secondary Electron Emission

平野洋一、木山 學、榊田 創、小口 治久、島田 壽男、佐藤康宏
Yoichi HIRANO, Satoru KIYAMA, Hajime SAKAKITA,
Haruhisa KOGUCHI, Toshio SHIMADA, Yasuhiro SATO
産総研先進プラズマ、Advanced Plasma, AIST

数百 eV 以下で数十 mA 以上の低エネルギー高電流密度イオンビームの引き出しにおいては、イオンビームの自己電荷によるビームの発散が大きな問題となっている。ここでは、イオンビームを引き出すイオン源の接地電極（最終段の電極）に、1keV、数十 mA 程度の電子ビームを入射し、その時発生する二次電子を用いてイオンの電荷を中和することにより、イオンビームの発散を抑えることのできたので、その結果について報告する。

使用したイオン源は、多数の永久磁石によるカスプ磁場を用いた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 (2mmφ、160mm 長) のアーク放電を用いている。イオン源容器は銅製で、電極は厚さ 1mm のモリブデンを用いている。イオン源の特徴は凹面をした電極を用いていることである (焦点距離 350mm、有効径 80mmφ、引き出し孔径 1.5mmφ、透過率 50%)。10keV 以上の高エネルギーイオンビームでは、凹面電極により高い集束性を持つビームが得られているが、ここでは凹面電極と電極表面からの二次電子発生を同時に用いることで、低エネルギー領域でのイオンビームの発散抑制を実現しようとするものである。

Fig.1 に、電子ビームがある場合と無い場合を

比較した、ビーム電流密度の半径方向分布とその時のターゲット板に到達するビーム電流 (I_p) を示す。ターゲットは電極から 285mm の位置にある。図では、 I_p は 2 倍強、中心の電流密度 (J_c) は 5 倍に増加することが示されており、電子ビーム入射により I_p が増加するだけでなく、ビームの集束性も良くなるのが分かる。

当初の予想では二次電子の電荷がイオンビームの電荷を打ち消すことにより電場の発生とイオンビームの発散が抑えられると考えていたが、そうでないことが Fig.2 に示されている。

Fig.2 は J_c と I_p の電子ビーム電流 (I_{eb}) 依存性を示す。 I_{eb} が増加するに従い、 J_c と I_p はゆっくりと増加するが、 $I_{eb}=8\text{mA}$ のところで突然ステップアップする。このような増加は単純な二次電子の増加では説明できず、非線形的な電子の自己増加過程の存在を示唆している。現在、イオンビームのエネルギーやイオン源プラズマのポテンシャルなど、様々なパラメーターに対するこの遷移現象の依存性を調べて、メカニズムの解明を試みているところである。また、ヘリウム、ネオン、アルゴンなどの不活性ガスを用いた場合にも、非常に興味深い結果が得られつつあるので、それらの実験の結果についても合わせて報告する。

