

数 100keV 小型イオンマイクロビーム装置で形成されたビーム径の縮小化 (II)

Reduction of a Beam Diameter Formed by Several Hundred keV Compact Ion Microbeam System (II)

○石井 保行、大久保 猛 (日本原子力研究開発機構 高崎)

°Yasuyuki Ishii, Takeru Ohkubo (Japan Atomic Energy Agency, Takasaki)

E-mail: ishii.yasuyuki@jaea.go.jp

【初めに】

MeV 領域のイオンマイクロビームはリソグラフィや分析ツールに応用され、それぞれ高アスペクト比の三次元構造体の製作や試料内の様々な微量元素の二次元分布の研究等に利用されている。一方、このビームは、現在、加速器やマイクロビーム装置を含めた全長で 20m を超える大型の装置群により形成され、このビームを利用した研究の普及には小型装置の開発が必須な課題となっている。

日本原子力研究開発機構 高崎では、小型の MeV 領域のイオンマイクロビーム装置のプロトタイプとして、数 100keV の小型イオンマイクロビーム装置 (以下、小型マイクロビーム装置) を開発している。この装置では小型ながら高エネルギー・高縮小率が得られる加速・集束一体型のレンズとして、最大電圧 300kV の 3 段加速レンズ系を開発し、これを同装置に搭載している。現在、安定に運転できる 120keV レベルでビーム径 $1\mu\text{m}$ の形成に関する研究を行っている。前回の発表では、本装置内の残留ガス圧の低減により、ビーム径をそれまでの最小径約 $17\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ に縮小できたことを報告した。

本研究では、さらなるビーム径の縮小化に対する装置改良の方向性を調べるため、小型イオンマイクロビーム装置のイオン源 (デュオプラズマトロン型) と 3 段加速レンズ系とが直結していることに着目して、このイオン源内のアノードと引き出し電極の距離をこれまでよりも縮めてビーム形成の実験を行い、これまで得られたビーム径との比較をした。

【ビーム形成実験の結果】

デュオプラズマトロン型イオン源内のアノードと引き出し電極の距離を縮めるため、スパーサーを用いて、この距離を 15mm 程度か

ら約 $2/3$ の 10mm 程度に減少させた。これにより、これまでと同じ引き出し電圧を印加しても、イオンビームを発生させる電場を強くすることができ、入射ビームの発散角をこれまでよりも制御しやすくなった。

今回の改良で、レンズ系へ入射するビームの条件がこれまでと変わったため、これに合わせて 3 段加速レンズ系の印加電圧のパラメータを最適化した。この最適化のために複数回のビーム形成実験を実施し、最終的に図 1 に示すビーム位置とビーム電流の結果を得た。この図に対してビーム内のイオン分布がガウ

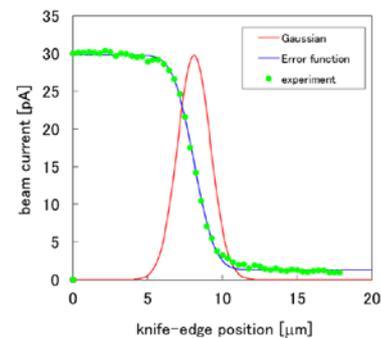


図 1 ビーム径の測定結果

ス分布に近くなっていると仮定して、この分布の積分形である誤差関数で、フィッティングした。図 1 に示す様に誤差関数をガウス分布に戻して、この分布の半値幅をビーム径とし、今回の実験でのその径を約 $3\mu\text{m}$ と評価した。

【まとめ】

今回の小型イオンマイクロビーム装置のイオン源内のアノードと引き出し電極の距離を縮めることでビーム径を従来の約 $6\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ 程度に縮小することができ、ビーム径の縮小化に対する装置改良の方向性としてこの距離とレンズ系の電圧の最適化により、さらにビーム径が縮小化できる見通しが得られた。