タンデム静電加速器用小型冷陰極 PIG 負イオン源の粒子軌道最適化

Particle Trajectory Optimization of PIG Negative-Ion Source in Electrostatic Tandem Accelerator

*劉 洪甫[1]，羽倉 尚人[1]，小栗 慶之[2]，三宅 弘晃[1]，榎 海星[1]，小森 あかね[1]，上田 薫[1]
[1]東京都市大学，[2]東京工業大学，

タンデム静電加速器用の冷陰極 PIG 負イオン源を開発中である。引き出されるビーム軌道を補正するために引出電極内に永久磁石を導入した。その設計とビーム軌道補正によるビーム強度の改善について報告する。

キーワード：タンデム静電加速器、冷陰極 PIG 負イオン源、ビーム電流、MATLAB PDE Toolbox

1. 緒言

都市大原研で運用している1.7MVタンデム静電加速器用の小型負イオン源として、冷陰極PIG(Penning Ionization Gauge)負イオン源の改良を進めている[1-3]。本イオン源は小型・軽量で取扱い・保守が容易という利点がある一方で、負イオンを引き出す際に磁場の影響を受け、引き出したい方向に対して角度を持ってしまうという欠点がある。効率よくビームを加速させるためには、ビームを正しい軌道に極力近づけて引き出すことが望ましい。本研究では、引出電極内に永久磁石を追加しビーム軌道補正を行うための検討を行った。

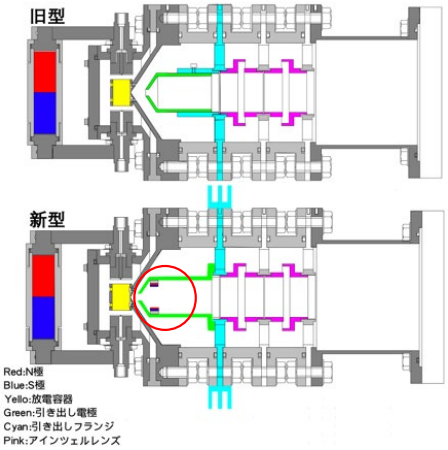

図1 イオン源の設計変更

2. 方法

引き出されたビームが適切な軌道を通るようにするために補正磁石を引出電極内に設置する（図 1(下)赤丸の部分）。補正磁石にはフェライト磁石を用いる。補正磁石取付位置の運転中の温度を数値解析ソフトウェア MATLAB の Partial Differential Equation (PDF) Toolbox を用いて解析した（図 2）。また運転中のフランジ表面温度を高機能形熱画像カメラ（T630SC、Chino）にて測定した。ビーム軌道上の磁場強さの分布を MATLAB PDF Toolbox にて解析し、テスラメータ（GV-400T、日本電磁計器）にて測定を行った。

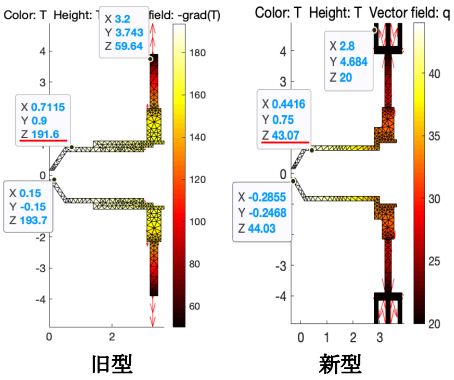

図2 引出電極の温度(Z：温度)

3. 結果･考察

当初の設計では、解析の結果から補正磁石取付位置の温度が200℃程度と高温になるので、引出電極をアルミから熱伝導度の高い銅に変更した。また、取り付け方法は引出電極の位置を変更可能なねじ込み式から距離の変更はできないが接地面積が広くなるように設計変更した。同時に、冷却のためのフィンを設け、対流熱伝達能力を高めるようにした。その結果、40℃程度にでき、補正磁石が想定通りの磁場を形成できるようにした。図3には、放電容器出口からアインツェルレンズ入口までのビーム軌道計算の結果を示す。これより補正磁石を導入することで中心軸に沿った軌道を通る様に改善できることがわかった。

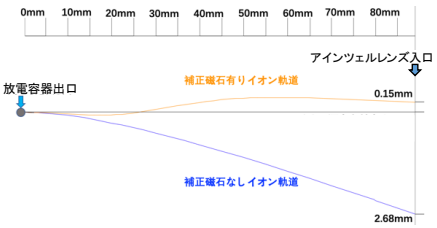

図3 補正の有無によるビーム軌道

参考文献

[1] 小栗慶之ほか、日本原子力学会、2015春の年会、M09
[2] 羽倉尚人ほか、日本原子力学会、2015秋の大会、P37
[3] 加藤優弥ほか、日本原子力学会、2016春の年会、2M08

*Hong-Fu Liu[1], Naoto Hagura[1], Yoshiyuki Oguri[2], Hiroaki Miyake[1], Kaisei Enoki[1], Akane Komori[1], Kaoru Ueda[1]
[1]Tokyo City University., [2]Tokyo Institute of Technology.