

## 大電流負イオンビーム生成を目指した加速器設計 New design concept of accelerator aiming for production of high current negative ion beam

木崎雅志、津守克嘉、池田勝則、中野治久、神尾修司、永岡賢一、長壁正樹  
M. Kisaki, K. Tsumori, K. Ikeda, H. Nakano, S. Kamio, K. Nagaoka, M. Osakabe

核融合科学研究所  
National Institute for Fusion Science

核融合科学研究所では、重水素実験が予定されており、中性粒子ビーム入射加熱装置 (NBI) においても重水素の中性粒子ビームを入射する計画である。これまでに、Cs導入量のコントロールやビーム光学の最適化により、我々は水素負イオン源の性能を向上させてきた。その結果、入射パワー及び電流密度において世界最高性能を達成している。しかしながら、重水素を使用した場合、チャイルド・ラングミュア則により、引き出される負イオンビームの電流値が質量の1/2乗に反比例して減少することが懸念されている。ビーム電流値が減少することは、入射パワーが低下することを意味しており、LHDにおけるプラズマ加熱に貢献するためには、この課題を解決する必要がある。

上記の課題の解決に向けて、本研究では、加速器の透明率を改善することを提案する。つまり、加速電極孔の面積を大きくし、ビームが通過する領域を拡張する。具体的には、3つの円形電極孔の隣り合う電極孔間の金属部分を削り、レーストラック状の電極孔にする (図1)。接地電極をスロット型電極とし、その他全ての電極に対して、この電極孔形状を適用する。これにより、プラズマ電極から引き出される負イオン電流値が増加することが期待される。

図2に3次元荷電粒子軌道計算コードを用いて計算した、加速電圧 ( $V_{acc}$ ) と引出電圧 ( $V_{ext}$ ) の比に対する縦方向と横方向の発散角の依存性を示す。図2は、開発用負イオン源 (NIFS-RNIS) の加速器に対して、今回提案する電極孔をモデル化しており、電圧比が12の条件で縦方向と横方向の発散角が最小となった。この結果は、従来のNIFS-RNISの最適条件とも一致しており、新たに提案するレーストラック形状の孔を持つ加速器で高品質のビームが生成できることを示している。

負イオン源加速器の設計においては、負イオンビームの軌道だけでなく、負イオンと共に引き出される電子及び加速器内で生成される二次粒子の軌道も重要となる。特に今回提案する電極孔では、従来電極よりも多量の電子が引き出される可能性がある。さらに、透明率が向上するため、加速器上流で生成した二次粒子が下流へと加速され易くなると考えられる。これにより、電極熱負荷の増大だけでなく、電極間の放電破壊が誘起される可能性がある。講演では、電子及び二次粒子の軌道についても計算結果を示し、レーストラック状の電極孔の有用性について議論する。

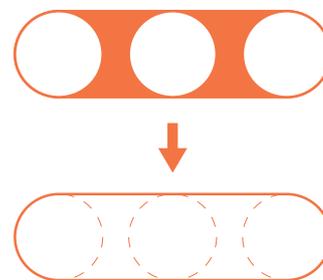


図1. 新たに設計した加速電極孔の概略図。

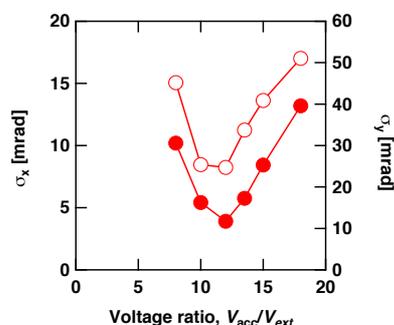


図2. 電圧比 ( $V_{acc}/V_{ext}$ ) に対する縦方向と横方向の発散角依存性。