

小型核融合中性子線源における中性子線の発生量および発生方向のリング陰極形状依存性

Dependence of Neutron Production and Direction on Ring Cathode Geometry in Small Fusion Neutron Sources

渡邊響、 高原優、 藤田朗人、 山縣宥介、 松寄大吾、 渡部政行  
 H.Watanabe, Y.Takahara, A.Fujita, Y.Yamagata, D.Matsuzaki, M.Watanabe

日大院量子  
 QST-Nihon Univ.

1. はじめに

中性子線はその特性から、がん治療や構造物の非破壊検査など様々な分野への応用が期待されている放射線である。しかし既存の中性子線源は、装置が大型であるため設置場所が限定されるなど問題点も多い。そのため更なる中性子線利用のためには装置の小型化が必須である。

そこで本研究では重水素原子核同士の核融合反応を用いた、小型かつ制御性の高い中性子線源の開発を行っている、本装置では核融合反応を発生させるために円筒状のリング陰極を用いている。これまでの先行研究においてリング陰極形状が中性子線の発生量や発生方向に影響を与えることがわかってきた。そこで本研究では、リング陰極の幾何学的な形状を変化させた場合における、中性子線の発生量や発生方向の依存性について調べることを目的として研究を行った。

2. 実験装置と実験方法

装置中心にリング陰極を設置し、そのリング陰極の左右に接地した陽極を配置する。陽極と陰極間に高電圧を印加することにより、重水素を電離しプラズマを形成する。電離した重水素原子核は、リング陰極の作る電場によってリング陰極中心に向かって加速、収束され、リング陰極中心付近を往復運動することによって、ビーム状の放電を形成する。リング陰極への印加電圧が約-10kV以上になると、重水素原子核同士が衝突することによって核融合反応が起こり、2.45MeV単色の中性子が発生する。

中性子線の発生方向は衝突する原子核同士の角度に依存する。陰極形状により、陰極近傍の電場分布が変化することで中性子の発生方向に非等方向性が生じられると思われる。そこで実験における中性子線の測定方向は、リング陰極の中心を通る軸を基準としてリング陰極の開いている側を0degとし、極角方向のフルエンス率を計測した。方位角方向に関してはリング陰極の対称性を考慮して等方向的であるとした。

3. 実験結果とまとめ

図1に電磁界計算ソフトCSTStudioによる重水素イオンの数密度分布及びリング陰極の作る電位の結果を示す。リング陰極への印加電圧は-30kVである。リング陰極の非対称性により、電位分布にも同様に左右で非対称となっていることが確認できる。また、電位分布が異なることによって、重水素イオンの軌道が変化するため、重水素イオンの数密度にも左右で変化が生じていることが確認できる。この重水素イオンの軌道の変化が、後述する中性子線の発生方向に影響を与えていると推測できる。

図2に中性子線の発生方向を計測した実験結果を示す。開き角0度の場合には方向依存性は見られなかった。開き角40度の場合では、中性子線の発生量は165度まで増加し、180度で減少する傾向が得られた。また、開き角の増加に伴って、全体的な中性子線発生量の増加も見られた。

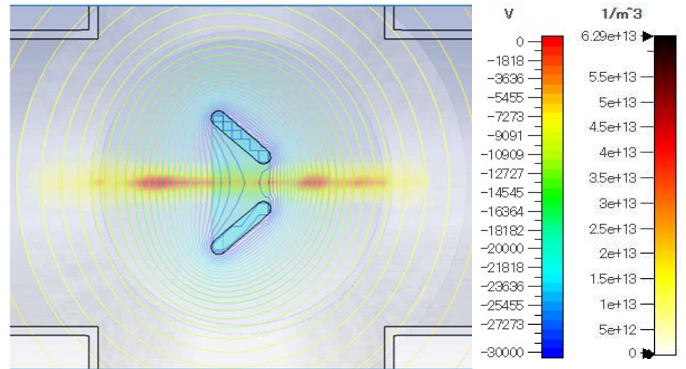


Figure1. Simulation results of deuterium ion distribution

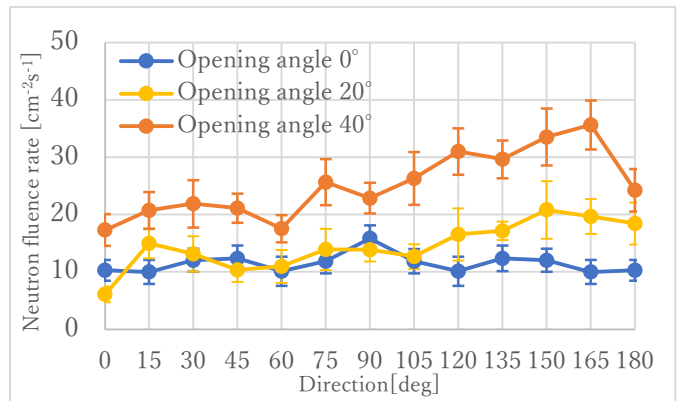


Figure2. Dependence of neutron generation direction on ring cathode geometry