

ITER におけるアルファ粒子計測用 He^+ イオン源の基礎特性の評価

木崎雅志、小淵隆、神藤勝啓¹、岡本敦、北島純男、笹尾真実子、津守克嘉²、
西浦正樹²、金子修²、榊田創³、木山学³、平野洋一³、和田元⁴
東北大院工、原子力機構¹、核融合研²、産総研³、同志社大工⁴

D-T 核融合反応により生成されるアルファ粒子の計測法の 1 つとして、ビーム中性化法が提案されている。ビーム中性化法では、核融合炉内に磁場によって閉じ込められたプラズマに He^0 ビームを入射し、 He^0 とアルファ粒子との二重荷電交換反応でアルファ粒子を中性化し、閉じ込め磁場から取り出して計測することで、アルファ粒子の空間・速度分布を計測する。

He^0 ビームの生成は、 He^- ビームの自発脱離により行い、 He^- ビームの生成は He^+ イオン源から引き出された He^+ ビームをアルカリ金属ガスセルに通してアルカリ金属ガスとの二重荷電交換反応により行う。ITER でアルファ粒子計測を行うためには 10 mA 以上の He^- ビームが必要である。 He^+ とアルカリ金属ガスとの荷電交換効率は最大でも数 % であり、 He^+ ビームが比較的低エネルギーの時にピークを示すことから He^+ イオン源からアンペア級の He^+ ビームを低エネルギーで引き出すことが要求される。また、アルカリ金属ガスが漏出することを抑えたいため、 He^+ ビームを約 20mm ϕ のビーム径が要求されている。

本研究室では、低引き出し電圧による強集束・大電流ビームの引き出しを行うために 300 個の孔を有し、また He^+ ビームを集束させるために湾曲型の電極を採用した He^+ イオン源の開発を行った。

He^+ ビームの電流量はロゴスキーコイルで測定し、 He^+ ビームの集束性は、ビーム進行方向に駆動するカーボン板に He^+ ビームを照射してカーボン板裏面からの熱輻射を IR カメラで観察することで検証を行った。引き出し電圧 $V_{\text{ext}} = 27.6$ kV、アークパワー $P_{\text{arc}} = 10.2$ kW の時、2.5 A 程度のビーム電流が得られた。また、ビームウェストにおけるビームの 1/e 径が約 $\phi 24$ mm に集束していることがわかった。本発表では、ビーム電流、ビームの集束性のプラズマ生成条件、ビーム引き出し条件に対する基礎特性に関して報告する。