

# 液晶リオフィルタを用いた核融合ダイバータ／ダイバータ模擬プラズマの イメージング分光計測システムの開発

## Development of an Imaging Spectroscopy Using Liquid-Crystal-Based Lyot Filter for Fusion Divertor and Divertor-Simulating Plasmas

東京大学大学院工学系研究科, <sup>A</sup>東京大学工学部  
阿部 翔太, 山野 守史<sup>A</sup>, 門 信一郎, 飯田 洋平, 田中 知  
S. Abe, M. Yamano, S. Kado, Y. Iida, S. Tanaka

プラズマパラメータを2次元イメージとして測定するイメージング分光法が注目されている。これまで著者らのグループにおいては、液晶リオフィルタと呼ばれる可変波長干渉フィルタと CCD カメラなどの2次元検出器を組み合わせたイメージング分光装置を開発し、衝突輻射 (CR) モデルを基とした HeI 線強度比法に適用してきた[1]。現在まで本計測系を直線型ダイバータ／境界層プラズマ模擬装置 MAP-II (Material and Plasma) [2]に適用してきたが、今後は他のダイバータプラズマ模擬装置に本計測法を適用することによって広範なパラメータへの対応可能性を検証し、環状型核融合装置におけるダイバータプラズマのパラメータ計測へ本計測法を適用する。そのため、本研究では本計測系を可搬軽量かつ高い光学設計自由度を持つものに改良した。さらに、環状型核融合装置である JT-60SA (日本原子力研究開発機構) への本計測系の適用可能性を評価した。

本研究により改良された計測システムでは、検出器として軽量のコンパクト冷却 CCD (Andor 社: Luca (R) 604, 1004×1002 pixels, 素子サイズ 8 μm/pixel) を採用した。軽量かつ簡便な大型白色 LED パネル (発光面積 412×288 mm<sup>2</sup>) に対する標準光源としての利用可能性評価の後、較正装置として本パネルを採用した。本研究に用いた白色 LED パネルは光学計測を目的として製作されていないため、現在用いている液晶リオフィルタ (CRi 社: VariSpec VIS-7-20) は、400-720 nm の範囲で透過波長を電氣的制御により選択可能であり、内側は有効口径 20 mm, 奥行き 50 mm の円筒形である。本研究では2つの写真レンズを向かい合わせに配置し、その間にリオフィルタを挟んだカップリング光学系を検出器と対物レンズとの間に設置することにより、レンズの開口径より小さい口径と比較的長い奥行きを持つ液晶リオフィルタを用いる事によって発生するケラレの影響を、従来に比べ大幅に低減することに成功した。

環状型核融合装置 JT-60SA への適用可能性を評価した。JT-60SA ではイメージングファイバーストラップにより伝送されたプラズマの像を上記カップリング光学系のみをもちいたマクロレンズ光学系により検出器に結像させる。液晶リオフィルタの仕様として定められている最大入射照度は 500 [mW/cm<sup>2</sup>]であるが、高温プラズマにおいて支配的な炉心からの制動放射光の評価により、ファイバーを通じて伝達される光量は上記の上限を十分に下回ることがわかった。本研究では、カップリング光学系として  $f=50$  mm(F/1.2),  $f=50$  mm(F/1.4)のレンズをそれぞれ素子側、ファイバー側に用いる事によってケラレによる像周辺部の光量減衰が抑えられることを示した。次に、光学的に厚いプラズマのプラズマパラメータ推定に CR モデルを適用するための、輻射捕獲に低依存な輝線の組合せを提案した。さらに、JT-60U で観測された不純物輝線をもとに、計測に用いる HeI 輝線との混濁の評価を行った[3]。

本研究において、日本原子力研究開発機構の仲野友英博士に有用な助言と協力をいただきました。ここに感謝いたします。

[1] S. Kado, H. Suzuki, Y. Kuwahara, et al.: Plasma Fusion Res., **2** (2007) S1125.

[2] S. Kado, Y. Iida, S. Kajita et al., J. Plasma Fusion Res. **81**, 810 (2005).

[3] 山野守史, 東京大学工学部卒業論文 (2012)