

2流体プラズマ実験用リチウムイオンプラズマ密度の計測 Measurement of lithium ion plasma density by use of phosphor screen with MCP

河合祥吾, 中田誓治, 山田祥平, 古川耕佑, 比村治彦 *et al.*

S. KAWAI, S. NAKATA, S. YAMADA, K. FURUKAWA, H. HIMURA *et al.*

京都工繊大・電子システム工学専攻

Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology

プラズマの巨視的取り扱いにおいて、電子流体とイオン流体を別々に取り扱う2流体プラズマモデルが理論・シミュレーション分野で盛んに用いられている。我々は、そのような2流体プラズマを実際実験室で生成して、その基礎特性を明らかにすることを目的とした正負二つの非中性プラズマによる2流体プラズマ生成実験プロジェクトを進めている。これまでに、変形型マルンバーク・ペニングトラップBX-U装置 [1] において、電子プラズマとリチウムイオンプラズマの独立生成と同時閉じ込めに成功してきた [2,3]。2流体プラズマ生成実験に対して残されている課題として、2流体现象が生じると予測されているイオンスキン長 λ_i を正確に決定するためのイオン密度測定法の確立がある。一般に用いられる蛍光面は比較的密度の高い電子プラズマに対しては有効である一方、イオンプラズマに対してはそのプラズマ密度が $n < 10^7 \text{ cm}^{-3}$ と低いため、蛍光面に入射しても発光を観測できなかった。

本研究では、新たにMCP付蛍光面を導入して、イオン入射で生成された二次電子をMCPで増幅してから蛍光面へと入射させることで、二次元粒子数分布を得ることに成功した。同時に、蛍光面へ入射した二次電子電流の時間変化より、増幅後の粒子数との関係についても定量的に明らかにしており、この計測法の動特性の詳細については別に投稿する [4]。さらに、非中性プラズマは $\phi \propto (r^2 + 2z^2)$ で表わされる双曲線型のポテンシャル井戸内で、熱平衡状態に緩和した回転楕円体になることが理論的に知られている。本実験で得た発光強度分布 (図1) と回転楕円体からの発光強度分布を比較すると、よく一致していることがわかる。この事実より、プラズマを回転楕円体とみなして、プラズマ平衡解析よりイオン密度を算出している [5]。投稿論文 [5] では、リチウムイオンプラズマのみをBX-U装置の正のポテンシャル井戸に閉じ込めたときの粒子数、プラズマ半径、密度の磁場依存性と時間変化を示している。一例として、図2はリチウムイオン密度の時間発展であり、初期密度は磁場強度によらず $\sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ となっていることがわかる。この値は、 $B_z \sim 0.13 \text{ T}$ でのブリルアン密度限界値の約20%に相当している。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (B)No.26287144 の支援により行われている。

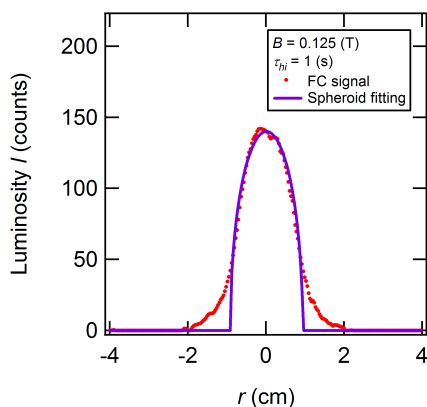


図1 Li⁺ プラズマイメージ写真発光の断面強度分布.

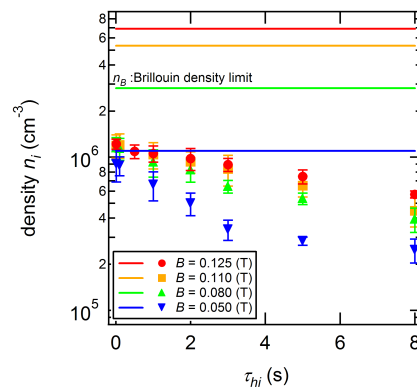


図2 計算で得た Li⁺ プラズマ密度の時間変化.

[1] H. Himura, submitted to Nucl. Inst. Methods A (2015). [2] H. Himura *et al.*, Plasma, Fusion Res. **8**, 2401017 (2013). [3] H. Shimomura *et al.* Plasma. Fusion. Res. **8**, 1201003 (2013). [4] S. Nakata *et al.*, to be submitted. [5] S. Kawai *et al.*, to be submitted.