

04Aa08

純電子プラズマの非平衡状態で生じる高エネルギー粒子の測定 Measurement of high energy particles in non-equilibrium state of pure electron plasma

朴英樹¹⁾、石井宏²⁾、曾我之泰²⁾、鈴谷のぞみ³⁾、菊池崇志³⁾

Youngsoo PARK¹⁾、Hiroshi ISHI²⁾、Yukihiro SOGA²⁾、Nozomi SUZUTANI³⁾、Takashi KIKUCHI³⁾

1)阿南高専、2)金沢大学、3)長岡技科大

1)NIT, Anan college、2)Kanazawa Univ.、3)Nagaoka Univ. Tech.

Malmberg-Penning Trap と呼ばれる閉じ込め装置は円筒真空容器内に純電子プラズマを閉じ込める装置である(Fig.1)。この装置は静磁場によって半径方向に、静電場によって長軸方向にプラズマを閉じ込める。プラズマは閉じ込め領域内で電場と磁場によって $E \times B$ ドリフトと呼ばれる回転運動を行いながら長時間保持され、 $\mu\text{sec} \sim \text{sec}$ スケールの広範囲に渡って物理現象を観測することができる。

我々の研究室では閉じ込め容器内への入射直後のプラズマがビームの履歴を持っている状態からマクスウェル分布への遷移や外部からの操作によって圧縮、輸送などが行われた後の緩和過程など、プラズマの非平衡状態から平衡状態への緩和過程についての研究を行っている。

現在、当研究室で用いられているプラズマのエネルギー測定方法はいくつかあるが、それぞれ非熱平衡状態では用いることができない、測定に $50\mu\text{sec}$ 程度の時間を要する、などといった特徴があり、今回ターゲットにしている非平衡状態(≠マクスウェル分布)で $10\mu\text{sec}$ スケールの物理現象を測定するには不適當な測定方法である。

そこで今回、プラズマのエネルギーを部分的に抜くことで非平衡状態分布を人為的に生成し、そこからの高エネルギー生成率を測定するという方法を開発した。

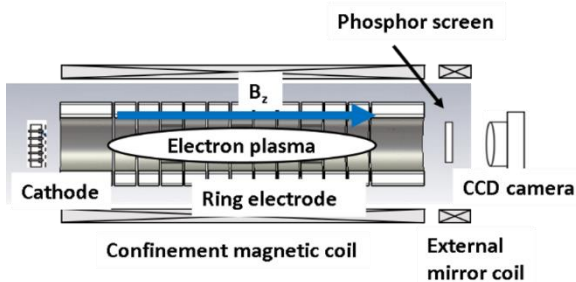


Fig.1: Malmberg-Penning trap scheme

この方法は閉じ込め領域内で十分な時間が経過し、熱平衡状態(=マクスウェル分布)になったプラズマを初期状態として用いる。この状態から閉じ込め電極の出口側の電圧を一定値まで下げることでプラズマの高エネルギー側の一部を排出する(Fig.2:initial dump)。その後、電圧を元の閉じ込め電圧に戻し、時間経過させるとプラズマは閉じ込め領域内で $E \times B$ ドリフト運動によって回転運動しつつマクスウェル分布へ緩和する。一定時間(Fig.2:5~20 μsec)後に再び閉じ込め電圧を下げることで生成された高エネルギーの粒子が測定される。この高エネルギー粒子の生成率は非熱平衡分布から熱平衡分布への緩和速度に依存していることが予測され、プラズマのパラメータを変化させることでプラズマパラメータの緩和速度への寄与度を調べることができる。今回、プラズマの初期密度分布をパラメータとして $5\mu\text{sec}$ 後の生成率を測定した結果、生成率が密度に依存していることを確認した。

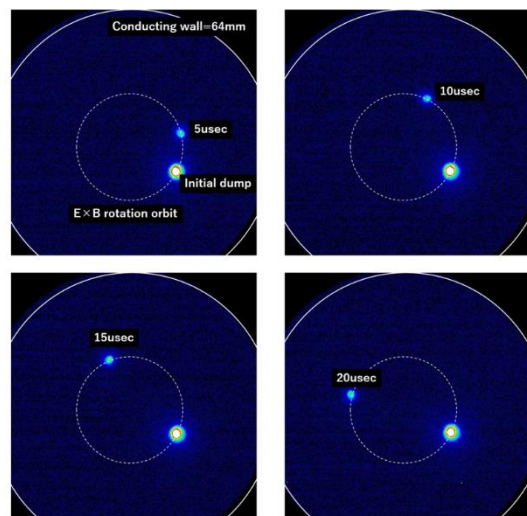


Fig.2:Two-step high energy measurement