

一様磁場中のネステッドマルンバーグトラップにおける
非中性電子プラズマ閉じ込め実験
Experiments on nonneutral electron plasmas
confined with a nested Malmberg trap in a uniform magnetic field

桧垣浩之、伊藤清一、岡本宏巳
H. Higaki, K. Ito, and H. Okamoto

広島大学 大学院先端物質科学研究科
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University

電子陽電子プラズマやペアイオンプラズマの実験研究は膨大な量の理論研究に比べて非常に限られており[1], 理論的な予測を実験的に検証することが望ましい。

ここでは一様磁場中のネステッドマルンバーグトラップに非中性電子プラズマを閉じ込めることにより, 電子陽電子プラズマ実験の可能性を評価するための試行実験を行った. このような実験がこれまで行われなかったのは陽電子(電子)を閉じ込めるための内側の正(負)電位が電子(陽電子)プラズマによって失われると考えられたためと推測される. これは部分的にしか正しくない. プラズマ密度や真空度にも依存するが, 実際には電子(陽電子)が正(負)のプラグ電位に蓄積するには数十 ms の時間がかかる. 磁気ミラー閉じ込めと同様に [2, 3], もし電子陽電子プラズマがプラグ電位部に蓄積する時定数が数十 ms よりも長ければ, 数 MHz のプラズマ振動やソリトン等の非線形振動を測定するには十分長い時間である. さらに一様磁場中の実験結果は理論との比較が容易であるという利点もある.

図(a)は $B \sim 150$ G の一様磁場中に並べられたリング電極の模式図である. ネステッド電位による閉じ込め開始前に, 図(b)に示したように約 4.5×10^8 個の電子が用意される. 実線は中心軸上の電位を表している. ネステッド電位による閉じ込め開始当初, 内側プラグ電位部には電子は蓄積していない(図(c)). 一定時間閉じ込めた後(<99 ms), 外側プラグ電位を接地して混合領域にいる電子数を測定し(図(d)), その1 ms 後に内側プラグ電位を接地してそこに蓄積されていた電子数を測定する.

結果として, 電子が内側プラグ電位部に蓄積する時定数は約40ms程度であることが判明したが, 共鳴高周波を内側プラグ電位近傍に印加すると, 電子が蓄積するのを阻害し, 蓄積の時

定数を改善できることが確認できた. このことから超電導磁石による一様強磁場を用いて大量の陽電子を用意すれば, 電子陽電子プラズマ実験が可能になることが示唆された.

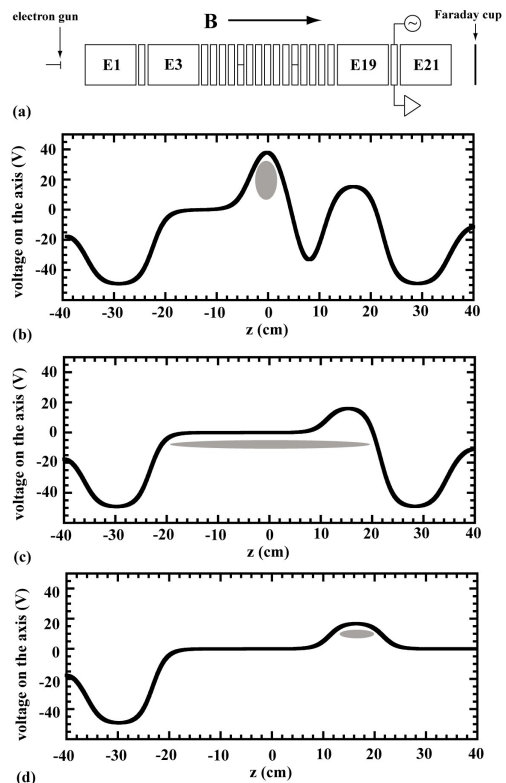


図 (a) 実験装置模式図. (b) 中心軸上の電位の計算例. 4.5×10^8 の電子を準備した状態. (c) 片側ネステッド電位による閉じ込め開始直後の状態. (d) 内側プラグ電位を接地することにより, プラグ電位部に蓄積された電子数も測定可.

- [1] J. R. Danielson, D. H. E. Dubin, R. G. Greaves, and C. M. Surko, *Rev. Mod. Phys.* **87** (2015) 247.
[2] H. Higaki, S. Sakurai, K. Ito, and H. Okamoto, *Appl. Phys. Express* **5** (2012) 106001.
[3] H. Higaki, C. Kaga, K. Fukushima, et al., *New J. Phys.* **19** (2017) 033016.