

## 電子線形加速器を用いた電子陽電子プラズマ実験の計画 Plans for electron-positron plasma experiments with an electron LINAC

桧垣浩之、<sup>1</sup>満汐孝治、<sup>1</sup>大島永康  
H. Higaki, <sup>1</sup>K. Michishio and <sup>1</sup>N. Oshima

広島大学 大学院先進理工系科学研究科  
<sup>1</sup>産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門  
Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University  
<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

ペアプラズマの一種である電子陽電子プラズマは基礎プラズマとしての重要性から様々な研究が行われてきているが、理論研究が先行しており、実験研究は非常に限られている[1, 2]. 本研究では、非中性プラズマの長時間安定閉じ込めを実現する超伝導磁石を用いた一様強磁場と静電バリア付き小型軸対称閉じ込め装置[3]を新たに開発して低エネルギー( $< 1\text{eV}$ )電子陽電子プラズマ閉じ込めを実現すること、また理論的にしか研究されてこなかった電子陽電子プラズマの基礎特性を実験的に研究し、基礎プラズマ実験の新分野を開拓することを目的としている。

目標とする典型的なプラズマパラメータは、電子と陽電子それぞれ  $10^8$  個が直径 2 cm, 長さ 20 cm の円柱状に分布しており(密度 $\sim 1.6 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ ), 温度が 1 eV 程度の場合、デバイ長は約 0.6 cm となる。中性プラズマであれば電子数密度と陽電子数密度の比はほぼ厳密に 1:1 であるが、電子陽電子プラズマ実験の場合、この比は実験パラメータであり概ね 1:9 から 1:1 まで制御するのが特徴である。

電子陽電子プラズマを実験的に実現するためには  $10^8$  個程度の低エネルギー陽電子を用意する必要がある。そこで本研究では 1990 年代から実用化が期待されていた電子線形加速器を用いた低エネルギー陽電子蓄積法を産総研の電子線形加速器を利用して開発した[4].

図 1 に示したのは、低エネルギー陽電子を蓄積したテスト実験の例である。図 1(a)-(c)は 4 秒間蓄積した陽電子を蓄積器下流に設置した MCP と蛍光面で計測した画像で、図 1(d)はその強度の断面図である。閉じ込め領域に高周波(回転電場)を加えることにより、蓄積陽電子の密度が制御できることを示している。また、図 1(e)は引出された陽電子パルスの消滅信号、図 1(f)は(e)の time of flight とパルス幅を示している。

既存の低エネルギー陽電子蓄積装置は 4 秒で  $5 \times 10^5$  個の陽電子を蓄積できるが、これを新たに整備する必要がある超伝導磁石と閉じ込め装置に多数回( $\sim 200$  回, 800 s)パルス入射して  $10^8$  個の陽電子を用意する。その後、超伝導磁石内の蓄積装置の電極電位をネステッド電位にし、陽電子とほぼ同数の電子を蓄積する。

通常、一様磁場中でネステッド電位を用いて電荷の異なるプラズマを閉じ込めるのは困難であるとされている。これは両端のプラグ電位部に逆符号の電荷が蓄積してプラグ電位を消失させてしまうからであるが、その蓄積を阻害する独自の手法としてプラグ電位部に共鳴高周波を印加する方法を新たに開発しており[3], これを適用することにより電子陽電子プラズマ実験が可能になる。

将来的には大量の陽電子プラズマを利用した短パルス陽電子ビームを使って新たな物理実験も展開可能である。

本研究は一部、JSPS 科研費 24340142 の支援を受けている。

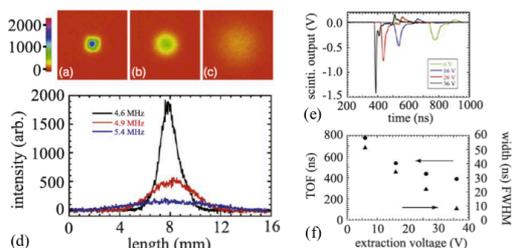


図 1: (a)-(c) 回転電場の周波数による、陽電子ビーム分布の CCD 画像と (d) その断面の密度分布 (e) 引き出された陽電子パルスの消滅信号 (f) 引き出された陽電子パルスの TOF とパルス幅 [4]

- [1] J. R. Danielson, D. H. E. Dubin, R. G. Greaves, and C. M. Surko, *Rev. Mod. Phys.* **87** (2015) 247.
- [2] H. Higaki, C. Kaga, K. Fukushima, et al., *New J. Phys.* **19** (2017) 033016.
- [3] H. Higaki, K. Ito and H. Okamoto, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) 080912.
- [4] H. Higaki, K. Michishio, K. Hashidate, et al., *Appl. Phys. Express* **13** (2020) 066003.