

永久磁石ダイポールに捕獲したパルス陽電子群の軌道解析

東大新領域^A, 核融合研^B, IPP^C, 広島大先進理工^D, 産総研^E

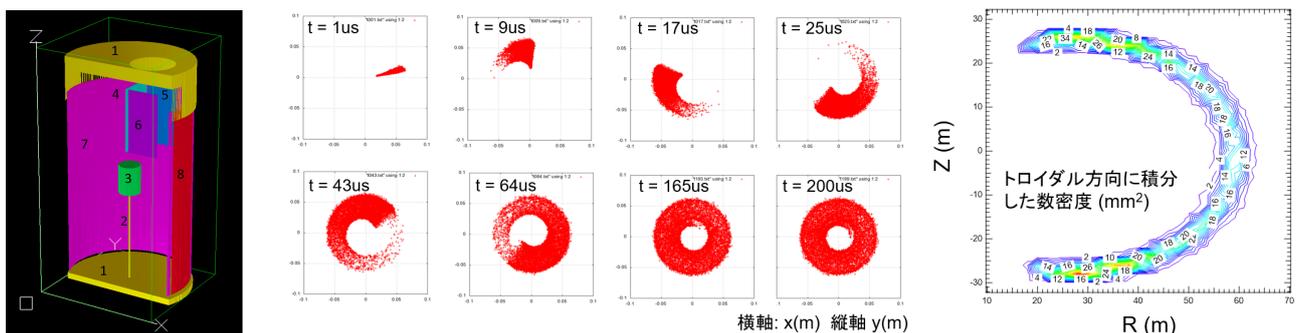
齋藤晴彦^{AB}, J. von der Linden^C, A. Deller^C, 檜垣浩之^D, 満汐孝治^E, 堀利彦^E, 大島永康^E

Orbit analysis of pulsed positrons in a permanent magnet dipole field trap

U. Tokyo^A, NIFS^B, IPP^C, U. Hiroshima^D, AIST^E

H. Saitoh^{AB}, J. von der Linden^C, A. Deller^C, H. Higaki^D, K. Michishio^E, T. Hori^E, N. Oshima^E

低エネルギー陽電子の磁場閉じ込めによる、電子・陽電子系のペアプラズマ生成と物性解明を目指している。計画の最終段階では、大強度陽電子源とバッファガストラップ[1]から供給される陽電子を、強磁場（5T）直線型マグネット中のトラップに大量蓄積（目標値 10^9 個以上）した上でパルス陽電子として引き出し、小型磁気浮上ダイポール[2]に等量の電子と共に捕獲する予定である。先行研究で、永久磁石を用いたプロトタイプ装置をミュンヘン工科大学の低速陽電子施設 NEPOMUC で運転し、陽電子ビームの高効率入射（入射効率 $\sim 100\%$ ）[3]と比較的長時間の閉じ込め（ ~ 1 s）[4]が得られた。しかし、FRM-II 原子炉を用いた定常陽電子ビームによる実験では、一度に捕獲可能な陽電子数は 10^3 個程度以下に留まっており、閉じ込め粒子数の大幅な増大が必要とされている。これを解決するのがパルス陽電子ビームの利用である[1,5]。強磁場トラップによる大量陽電子の蓄積に先立ち、現在、産総研/広島大のパルス陽電子源とバッファガストラップ、プロトタイプ永久磁石ダイポール装置を用いた実験が進められている。線形加速器ベースのパルス陽電子源の使用により、ダイポール磁場中への粒子入射期と安定閉じ込め期の分離が可能になり、捕獲可能な陽電子数が向上する。ダイポール磁場中に実際に捕獲した 10^4 個オーダーの陽電子の粒子軌道計算(図)によれば、1eV 程度の温度拡がりにより陽電子群は入射後に 100 μ s 程度の時定数でトロイダル方向に一様化し、これは時間的な振動を示す消滅ガンマ線の観測結果と一致する。一様なトロイダル陽電子雲が生成された段階で、96%以上の陽電子が分布する閉じ込め体積は 170 cm^3 と見積もられ、この領域で陽電子の平均数密度は $2 \times 10^8 \text{ m}^{-3}$ である。対応するデバイ長は m オーダーに留まっており、現時点では陽電子群はプラズマ条件を満たさない。将来的に強磁場トラップを利用して捕獲陽電子数を 3 桁程度向上することによりプラズマ状態が実現される。



図：（左）E×B板（5と6）によりドリフト運動を発生させ、永久磁石(3)周囲のダイポール磁場に陽電子を捕獲する装置の模式図。（中）装置上面から見た陽電子分布。短パルスとして入射された陽電子群は、入射後 100 μ s までにトロイダル方向にほぼ一様化する。（右）RZ断面では初期の磁気面上に捕獲され、ミラー反射及びマグネットへの正バイアスの効果により弱磁場領域にとどまる。

- [1] 2020 H. Higaki+ Appl. Phys. Express **13**, 066003. [2] 2020 H. Saitoh+ Rev. Sci. Instrum. **91**, 043507. [3] 2020 J. Horn-Stanja+ Phys. Rev. Lett. **121**, 235003. [4] 2020 E.V. Stenson+, Phys. Rev. Lett. **121**, 235005. [5] 2020 Stoneking, J. Plasma Phys. **86**, 155860601.