

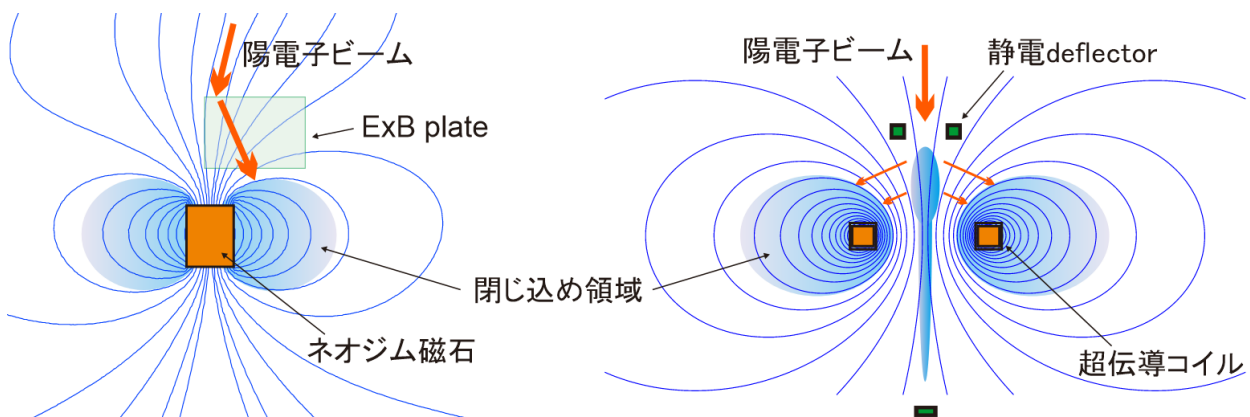
電子陽電子プラズマ生成に向けたダイポール磁場中への陽電子の入射と捕獲法の検討

東大新領域 齋藤晴彦

Injection and trapping of positrons in a dipole magnetic field configuration toward the formation of electron-positron plasmas, GSFS U. Tokyo, H. Saitoh

パルス陽電子源とダイポール磁場配位を用いて、磁場閉じ込めによる電子陽電子プラズマの実現とペアプラズマとしての物性解明を目指している。ダイポール磁場の磁気面内部に陽電子ビームを高効率で入射することは、反物質ペアプラズマ実現の鍵となる重要な研究開発要素である。永久磁石を用いたプロトタイプのダイポール装置では、ドリフト入射法の開発を進め、陽電子ビームの高効率入射と比較的長時間の閉じ込めを実現した[1]。永久磁石ダイポールでは、装置軸からオフセットして配置した上部ポートから入射した陽電子ビームに局所電場を印加し、ビーム損失なく $E \times B$ ドリフト入射が可能な経路の存在が示された。閉じ込め領域の磁力線が磁石表面に鎖交する永久磁石ダイポールでは、磁力線方向の閉じ込めには粒子の電荷符号に応じた電場が必要となる。このため永久磁石装置では電子と陽電子の双方をプラズマとして長時間閉じ込めることは困難であり、閉じた磁気面を構成する超伝導磁気浮上ダイポールによる反物質ペアプラズマの閉じ込めが計画されている[2]。

本研究では、計画を進める超伝導ダイポール[3]への陽電子入射と捕獲方法の検討結果について報告する。陽電子と電子の長時間閉じ込めを目指す上では、(1)ビームラインからの漏れ磁場により閉じ込め領域で磁場の軸対称性が損なわれると、トラップされた荷電粒子の軌道はドリフト的に径方向に膨らみ、短時間で真空容器壁での損失につながる事が多い。また、(2)非軸対称な不整磁場の影響により、超伝導コイルの安定な磁気浮上が困難となる。更に、(3)オフセット入射で使用した大きな電場の印加による $E \times B$ ドリフトの駆動は、入射時の粒子エネルギーの増大につながり、プラズマ状態を満たす低温状態を達成する上では好ましくない。これらを考慮すると、超伝導磁気浮上ダイポールでは、オフセット入射法に代わり装置の中心軸に沿った位置にビームラインを設置して陽電子を入射することが望ましい。図のように、円環状の静電的 deflector を介して中心軸付近に陽電子群を導入して揺動を与えることで、拡散的に進入させることで閉じ込め領域内への輸送が可能である。この際の入射効率や要求される装置パラメータを軌道計算により検討している。



図：ダイポール磁場中への陽電子の入射方法の模式図。(左)永久磁石装置で実現したオフセット入射による $E \times B$ ドリフトによる入射と(右)超伝導ダイポールへの軸対称を維持した入射。

[1] 2015 Saitoh, Stanja, Stenson+, New J. Phys. **17**, 103038. [2] 2020 Stoneking, Pedersen, Helander+, J. Plasma Phys. **86**, 155860601. [3] 2020 Saitoh, Stoneking, Pedersen, Rev. Sci. Instrum **91**, 043507 (2020).