

線形 4 重極 RF イオントラップを用いた 荷電粒子の生成および捕捉

Capture and production of charged particles with a quadrupole linear ion trap.

木方康一郎*、長田康志*、渡部政行**

日大院量子*、日大量科研**

K.Kiho*, Y.Nagata*, M.Watanabe**

QST Nihon Univ.*, IQS Nihon Univ.* *

電磁場の作用によって荷電粒子を空間のある狭い領域に保持する技術、装置の総称をイオントラップという。閉じ込められた粒子を長時間、他の粒子や壁との衝突を最小限に抑えることがイオントラップでは可能なため、質量分析などの精密測定への応用に適している。また、閉じ込められた荷電粒子をレーザー冷却等によって極低温状態まで冷却することにより、これまでにない、さまざまな分野への応用が進展している。1~数十個程度の少数個の荷電粒子を扱う系としては、高分解能分光や周波数標準への応用などがあり、最近、話題となっている量子コンピュータへの応用も期待されている。また多数個の荷電粒子を扱う系では熱平衡状態にあるプラズマの統計物理学的な特性を調べる等の研究も行われている。イオントラップ中のプラズマは非中性のため、厳密にはプラズマとしての条件を満たしてはいないが、通常の準中性なプラズマと類似した集団的振る舞いをするところから、1成分プラズマとも呼ばれ、プラズマ科学の1分野として研究が進められている。

本研究では、1成分プラズマの特性の理解やイオントラップの幅広い応用への検討を念頭に置き、荷電粒子を閉じ込めるための電極構造が比較的シンプルであり、多様性のある RF イオントラップを基にした線形 RF イオントラップ (Fig.1) を研究に用いている。RF イオントラップは時間的に変動する鞍型ポテンシャルを形成することによって、トラップ電極の中心部に荷電粒子を閉じ込めることを可能にする。交流電場がつくる場によって荷電粒子の固有振動が大きくなる可能性もあるが、比較的装置の小型化が可能であり、かつ簡単に荷電粒子を閉じ込めることが可能である。また RF イオントラップを線形化することで、荷電粒子を並べて捕捉することができることから、レーザー等による制御がしやすくなるという利点もある。

本実験で用いる線形 RF イオントラップでは、荷電粒子は対角線上に並んだ 4 本のステンレス製のロッドに高周波電圧を印加することにより径方向への捕捉を実現する。また軸方向の閉じ込めは両端に設置したリング電極に直流電圧を印加することで行う。4重極ロッドの支柱の部分には超高真空領域でも対応可能なポリイミドやテフロンを用いている。そして荷電粒子の生成方法としては、以下の方法を試みている。

- 1) 電極放電による荷電粒子の生成。
- 2) 熱電子放出による荷電粒子の生成。
- 3) β 線や γ 線による荷電粒子の生成。

今回、用いるガスは希ガスのアルゴン(Ar)やキセノン(Xe)、そして金属はマグネシウム(Mg)を用いる。それぞれの荷電粒子の生成方法を用い、真空度や印可電圧、印可周波数を変化させながら CCD カメラや分光によって荷電粒子の測定を行う。それらの結果についてポスターセッションにて報告する。

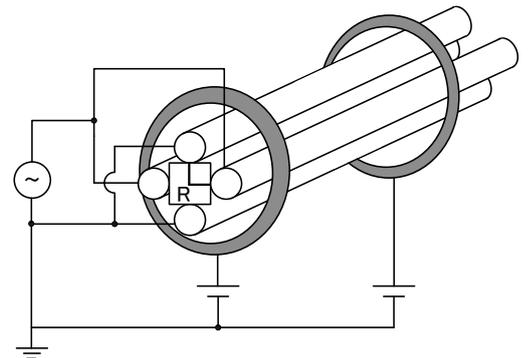


Fig1: Schematic drawing of a linear RF trap.