

線形四重極イオントラップ実験における放射線による Xeイオンの生成と閉じ込め

Confinement of Xenon ions generated by a radiation in a linear quadrupole ion trap experiment

横山 達郎¹, 渡部 政行²
Yokoyama Tatsuro¹, Watanabe Masayuki²

日大院量子¹, 日大量科研²
QST-Nihon Univ.¹, IQS-Nihon Univ.²

1. イオントラップ

イオントラップは、電磁場を用いて荷電粒子を捕捉する技術の総称である。イオントラップを用いることで荷電粒子を空間に安定に閉じ込めることができること、また極低温まで粒子を冷却できることから将来の量子コンピュータの実現や Xe イオンにおける二重ベータ崩壊現象のニュートリノ計測など様々な分野での応用が期待されている。イオントラップの種類として、「静電場と静磁場」の組み合わせを用いた Penning Trap と「静電場と高周波電場」を用いた RF (Radio frequency) Trap がある。本研究では、比較的簡単に荷電粒子を捕捉でき、小型化しやすい RF Trap を用いて Xe イオンの捕捉実験を行っている。

2. 線形四重極 RF イオントラップ装置

本実験で用いている線形四重極イオントラップは、半径 $R=5\text{mm}$ の四重極ロッドを 4 本とリング電極を 2 枚で構成されている。四重極ロッドの長さは、 300mm である。中心からロッド表面までの距離 r は $3\text{mm}\sim 6\text{mm}$ までの 1mm 間隔で変更が可能である。本実験では $r=4\text{mm}$ で実験を行っている。z 軸方向にはリング電極を置き、静電場を形成させている。本実験では Xe を使用した。その理由としては、イオン化しやすいことと、質量が重いため周りの影響を受けにくいからである。

3. 放射線によるイオンの生成方法

本実験で使用している放射線源は ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs である。 ^{60}Co と ^{137}Cs は β 線と γ 線, ^{90}Sr は β 線を放出している。放射線源は真空管の外から挿入する設計になっており、真空内と真空外の間には厚さ 1mm のアルミニウムを隔てている。 β 線もできるだけ透過できるように設計した。放射線源と四重極ロッドの距離は変更可

能となっている。

4. RF 共鳴吸収法によるイオンの観測

RF 共鳴吸収法は電気回路を用いて、捕捉された荷電粒子の運動周波数と一致する RF 電場を荷電粒子が吸収し、観測する方法である。 L_1 と C_1 で構成された直列回路は四重極ロッドに加える電圧がイオンを検出するため電圧に影響を与えるため、それを軽減する回路である。 L_0 と C_0 で構成された並列回路は、荷電粒子の捕捉を確認するための回路である。荷電粒子はある決まった固有振動をして、それに合わせた周波数を与えることにより、荷電粒子が吸収する。その部分で電圧が下がり、波形に凹みが見られ、荷電粒子の捕捉を確認することができる。また、現在、光学的な計測の準備も行っている。講演ではそれぞれの測定結果の詳しい報告を行う予定である。

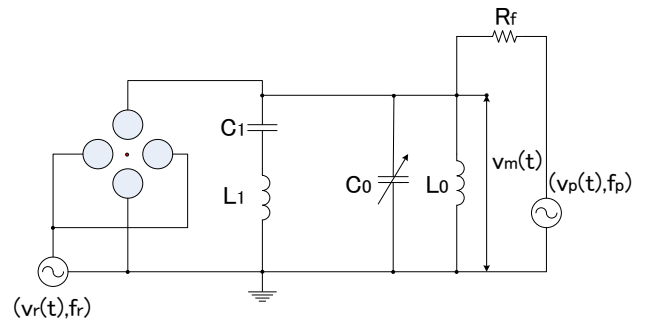


Figure 1. Circuit system for RF resonance absorption method

5. 参考文献

- [1] トーラス型高周波トラップ配位における一成分プラズマの特性 荒巻光利
- [2] 占部伸二, 梅津純, 石津美津雄, RF 共鳴吸収法による蓄積イオンと特性測定, 応用物理第 54 巻 第 9 号(1985 年)