

4P001

卓上静電型イオン蓄積リング ($\mu\text{E-ring}$) の製作

(首都大院・理工^A, 首都大・都市教養^B) 松本淳^A, 合田公大^B, 城丸春夫^A

Assembling of a tabletop electrostatic ion storage ring

(Tokyo Metropolitan Univ.) J. Matsumoto, K. Gouda, H. Shiromaru

【序】

レーストラック型のイオン蓄積リングは、蓄積中に起こるイオンの遅延電子脱離や遅延解離のような孤立系での“遅い”反応を、高感度に観測することができる。なぜなら、反応後の中性粒子もイオンと同じ方向に運動しているため、効率的に検出できるからである。我々は、首都大に設置されている静電型イオン蓄積リング (TMU E-ring) [1] を用いて、様々な標的分子イオンに対してレーザー誘起による遅延電子脱離や遅延解離スペクトルの蓄積時間依存性から分子イオンの内部エネルギー分布の時間変化や冷却過程を追跡してきた。例えば、 C_4^- , C_6^- といった炭素クラスター負イオンのレーザー誘起中性粒子生成反応の励起スペクトルの測定では、既知の吸収波長とは一致しないバンドが現れた[2]。これらのバンドは、蓄積中の高温クラスターが冷却に伴って過渡的な状態にあったことを示唆している。このように、クラスターの内部エネルギー分布の時間変化や冷却過程を追跡することは、クラスターの異性化過程や物性を調べる上で重要である。

現在、我々は TMU E-ring を約 1/10 に縮小した「卓上静電型イオン蓄積リング ($\mu\text{E-ring}$)」を製作している。小型化によりイオンの周回長も約 0.8 m となる。既存のリング実験と同じイオン入射エネルギー (10 - 20 keV 程度) とすれば、イオンの周回時間はマイクロ秒程度となり、この時間スケールでのダイナミクスを追跡することができる。この時間領域は、従来の one-pass (ビーム交差) 実験と既存のイオン蓄積リングによる実験のギャップを埋めるものである。さらに、装置を小型化することにより学内にいるイオン源やレーザー光などビーム励起源を利用する実験だけではなく、学外施設を利用した実験も可能となる。このことも視野に入れて可搬性を高めた設計・製作を行った。

【設計】

基本的な電極の配置は TMU E-ring と同様で、2 組の 160 度偏向電極 (160def), 2 組の 10 度偏向電極 (10def) と 4 組の発散・収束 Q レンズ (QD, QF) で構成されている。まず、蓄積リングを周回するイオンの運動方程式から導出された転送行列を利用した Lattice 計算により、すべての電極の大きさを TMU E-ring の 1/10 に設定し Q レンズへの印可電圧に対する安定条件を検討した。また、計算からサイズを 1/10 としてもベータatron 振動に伴うイオンビームの拡がりはその平方根 (約 1/3) 程度となったため、各電極の形状・大きさをビームの拡

がりにあわせて再設計した。

次に、イオン軌道計算ソフトSIMIONによりイオン制御電極の形状や印可電圧を最適化した。このソフトは電極出入り口付近での電場の乱れなども取り入れることが可能で、これらの効果を含めた周回中のイオンビームの収束・発散のシミュレーションを行った。その結果、Lattice 計算で求めた各電極への印可電圧においてイオンビームが安定周回するのを確認した。また、ビームの拡がりやエミッタンスといったパラメータを変化させてシミュレーションを行い、周回条件の安定性を評価した。

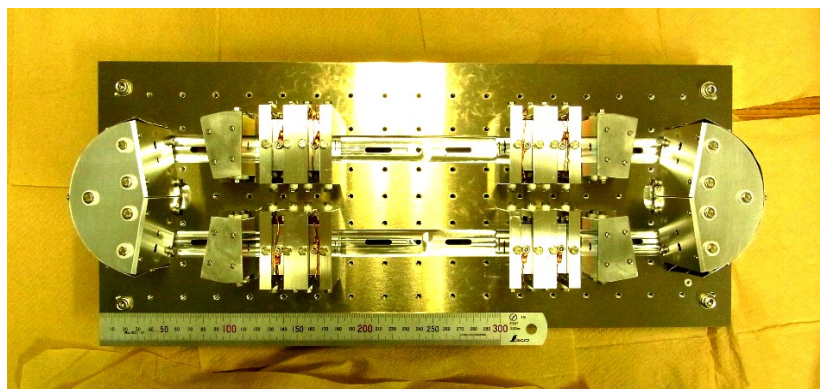
【製作】

リングを構成する部品を、480 mm×200 mm のアルミニウム製の定盤上に配置した。各電極を1枚の定盤上に設置することにより、電極間の位置決め精度を向上できる。電極はアルミニウム製とし絶縁材はセラミック製とすることで 200°C程度に焼き出し可能で、イオン蓄積リング内を 10^{-9} Pa 台前半の超高真空に排気する。これにより、イオンビームが数秒間にわたり蓄積可能となる。

現在、すべての部品製作を完了し、真空槽との配線作業を行っている(図は定盤上に配置したイオン制御電極の写真)。配線作業を完了し真空排気テスト・電極の耐電圧テストの後、予備実験として 10 - 20 kV で引き出された Ar^+ イオンを蓄積リングに入射し周回条件を詰め、イオン蓄積の実現を目指す。発表では、イオン光学系設計の詳細と製作の現状、将来計画など述べる。

Reference

- [1] S. Jinno *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A, 572, 568 (2007).
- [2] ハンセン 他, 分子科学討論会 2011 札幌 予稿集, 3A15.



図：卓上静電型イオン蓄積リング (μE -ring)。定盤上に配置した2組の160度偏向電極 (160def)、2組の10度偏向電極 (10def) と4組の発散・収束Qレンズ (QD, QF)