

4P011

静電型イオン蓄積リング ($\mu\text{E-ring}$) の製作と動作試験

(首都大院・理工) ○合田 公大, 松本 淳, 城丸 春夫

Development and performance test of a tabletop electrostatic ion storage ring

(Tokyo Metropolitan Univ) ○Gouda Koudai, Matsumoto Jun,
Shiromaru Haruo

我々は、首都大に設置されているレーストラック型の静電型イオン蓄積リング (TMU E-ring) [1] を用いて、様々な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。現在、さらに 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 0.9 m となる。これにより、イオンの周回時間は数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、従来のビーム交差実験と TMU E-ring による実験のギャップを埋めるものである。このような時間スケールを持つ過程の一例として、 C_6^- のレーザー誘起による遅延電子脱離がある。 C_5^- や C_6H^- では、レーザー照射後ミリ秒にわたり遅延脱離による信号が得られるのに対し、 C_6^- では数十マイクロ秒で信号が減衰してしまう [2]。TMU E-ring ではイオンが 1 周できる程度の時間で、そこから詳細な減衰の様子を観測するのは難しい。それに対して、 $\mu\text{E-ring}$ では周回時間も短くなるため、このような早い減衰を詳細に測定することができる。また、装置を小型化することにより学内にあるイオン源や蓄積ビームの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。

$\mu\text{E-ring}$ の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 としてもベータトロン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 $\mu\text{E-ring}$ を校正する各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、シミュレーション上で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。

リングを構成する部品は、480 mm×200 mm のアルミニウム製の定盤上に配置されている（図は定盤上に配置したイオン制御電極の写真）。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。各電極に印可する電圧は 36 台の高圧電源モジュールを通して供給されており、ナショナルインスルメンツ社の DAQ デバイス、Labview を通じて制御されている。現在、すべての部品製作とターボ分子ポンプを用いて真空槽の圧力を約 10^{-5} Pa まで下げることに成功し、真空槽との配線作業を行っている。今後、電極の耐電圧テストを行い、予備実験として 10 - 20 kV で引き出された Ar^+ イオンを μE -ring に入射しイオン蓄積のテストを行う。発表では、製作の現状、動作試験の内容や将来計画など述べる。

Reference

- [1] S. Jinno *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A, **572**, 568 (2007).
- [2] G. Ito *et al.*, Phys. Rev. Lett., *submitted*.

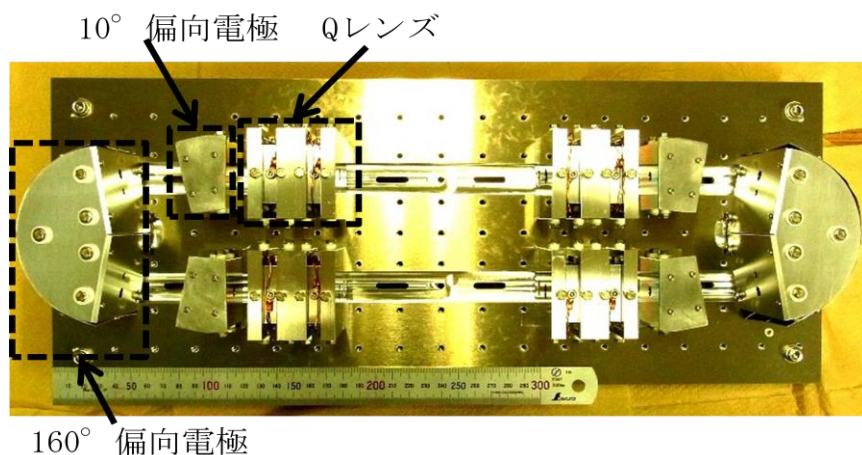


図. 組み立てた後にアルミプレート上に設置した μE -ring の各部品。