

(都立大院理) 佐藤絢子、神野智史、高雄智治、小俣有紀子、田沼肇、東俊行、城丸春夫、奥野和彦、小林信夫、阿知波洋次、児玉健

### 【はじめに】

静電型イオン蓄積リングは、すべてのビーム光学系が電場により制御されるため、ビーム軌道は単位電荷あたりの運動エネルギーのみに依存し、質量依存性がないことが特徴である。また、周回イオンは赤外放射により脱励起して環境温度にまで冷却されるので、液体窒素冷却型の都立大静電リングでは冷クラスターイオンが得られるという利点がある。そのため、原子物理の分野のみならず、クラスターや生体高分子などを対象とする化学、生物の分野にいたるまでの幅広い分野の研究が可能であり、種々の分子イオンの衝突・分光実験、寿命測定など様々な実験が計画されている。

### 【ビーム時間構造観測用検出器】

図1に都立大静電リングの概略を示す。リングは周回長約8mのレーストラック型で、右上のイオン源からイオンを打ち込み反時計回りで周回させる。現在は、本静電型イオン蓄積リングの特性を調べるため、希ガス重イオンビームを用いた周回実験を行っている。ビーム観測の手段としては、周回ビームを観測する誘導電荷検出型ビームモニターと、周回中に残留ガスとの衝突で生成した中性粒子を検出する中性粒子検出系を使用した。

静電リング本体直進部に設置した円筒型ビームモニターでは、パンチビーム通過時に誘導される電荷量をビーム周回ごとに得ることで、ビーム強度の時間変化を観測した。冷却型前置増幅器を用いることにより、単一パンチが十分に高いS/N比で観測された。周回イオンの周期が測定できるので、同時に複数のイオンが周回している場合でも、高速フーリエ変換(FFT)を用いることで、各成分の同時分析が可能となる。つまり、周回しているイオンは運動エネルギーが等しいため、周回周期が短い軽いイオンは高波数側に、対して周回周期の長い重いイオンは低波数側にピークが現れる。また、静電リング直線部後方では、直進した生成中性粒子をマイクロチャンネルプレート(MCP)と蛍光板の組み合わせで画像として検出し、CCDカメラで取り込んで位置情報を得た。さらに、MCPからの信号をマルチチャンネルスケーラーで計数し、ビーム減衰の時間情報を得た。

$10^{-9}$  Pa 台の高真空では、残留ガスとの衝突による中性粒子の生成効率が小さくなるため中性粒子検出器での観測は困難になるが、円筒型ビームモニターではビーム自身を観測するため真空度には依らない。一方、時間がたつにつれ、入射イオンの持つ運動量の幅によりパンチビームが広がるため、円筒型モニターでの観測は困難となるが、中性粒子検出器ではこの現象は問題にならない。従って、この2種の検出器を相補的に使用することが必要である。

### 【ビーム周回実験】

デュオプラズマトロンイオン源で生成された数10 keV、20~150 nA直流希ガスイオンビームを数~10数  $\mu$ sにパルス化し、 $1.0 \times 10^{-8}$  Paの超高真空状態にある蓄積リング本体に入射した。周回蓄積イオンは、リング直線部において残留ガスとの衝突により失われ、その際に生じた中性粒子は、リング直線部後方に設置した中性粒子検出器で測定した。20 keV、130 nAのAr<sup>+</sup>パルスビーム(パルス幅5  $\mu$ s)を蓄積し、図2に示すように周回ビームが単一寿命成

分をもって崩壊する様子が観測された。また 20 keV、60 nAのXe<sup>+</sup>パルスビームを蓄積し、FFTにより質量スペクトルに変換した結果を図3に示す。Xeは9つの同位体が存在するが、そのうち存在比の大きい5つのピークが分離して観測されることが確認された。

【イオン源】

周回テストでは強度、安定性、操作性がよく、正負イオンを作ることが出来るデュオプラズマ型イオン源を使用している。イオン源全体を高電圧に浮かせ、イオンを電荷あたり最大 30keV まで加速し入射している。「イオン入射系」には他 2 台のイオン源が取り付け可能であり、レーザーアブレーション法による炭素クラスターイオン源を現在調整中である。これらのイオン源は直進方向と上下方向に配置し、静電型 4 極デフレクターによって切り替える予定である。

【今後の計画】

今後は、負イオン、二価イオンを蓄積するとともに、残留ガスの圧力を調整し、ビーム寿命の真空度依存性を観測することを予定している。また、イオン源を炭素クラスターイオン源に切り替えた後は、クラスタービームの寿命による反応断面積、クラスターの構造分析、さらには分子分光実験を計画している。

図1 静電型イオン蓄積リング概略図

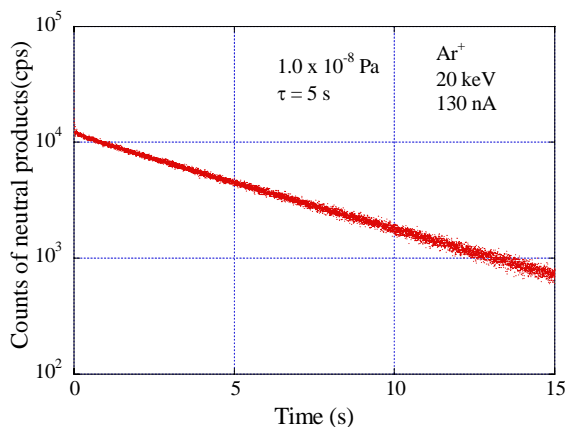
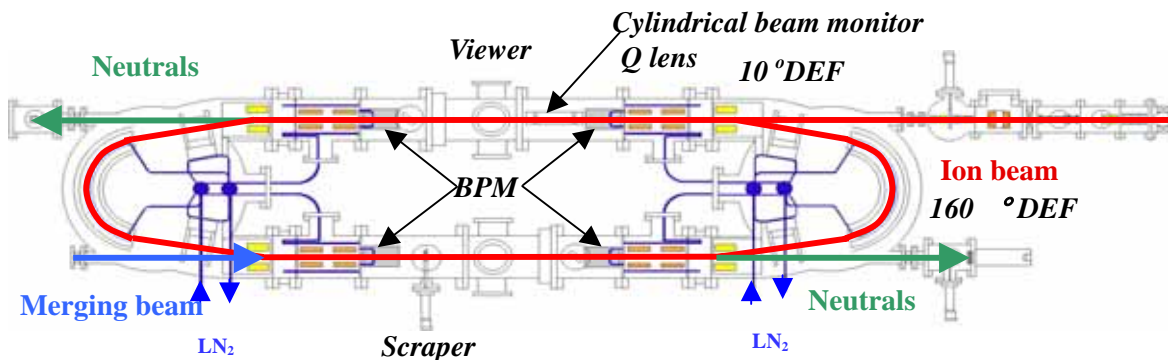


図2 20 keV Ar<sup>+</sup>パルスビームの中中性化信号の経時変化

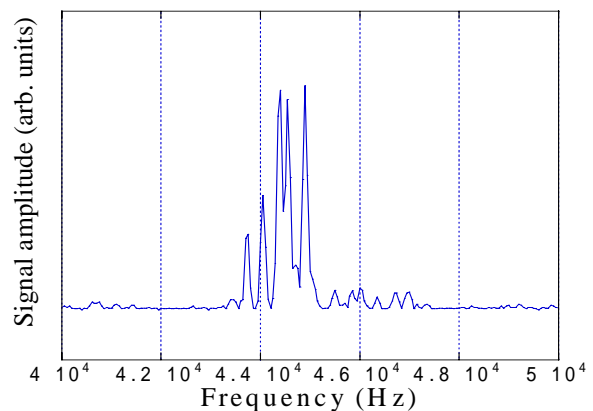


図3 FFTで得られたXe<sup>+</sup>ビームの各同位体の信号。理論的な周波数と強度比は以下の通りである。

- <sup>136</sup>Xe<sup>+</sup>(43.5kHz, 8.87%)    <sup>131</sup>Xe<sup>+</sup>(44.3kHz, 21.18%)
- <sup>134</sup>Xe<sup>+</sup>(43.8kHz, 10.44%)    <sup>129</sup>Xe<sup>+</sup>(44.7kHz, 26.44%)
- <sup>132</sup>Xe<sup>+</sup>(44.2kHz, 26.89%)