

クーロン結晶を源とする極低温イオンビームの断面分布計測システムの開発 Development of a transverse distribution measurement system for ultra-cold ion beams

伊藤清一，檜垣浩之，岡本宏己

Kiyokazu ITO, Hiroyuki HIGAKI, Hiromi OKAMOTO

広島大学 大学院 先端物質科学研究科

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University

イオントラップに捕捉したイオン群を極低温まで冷却すると、イオンが規則的に配列したクーロン結晶へと相転移する。線形ポルトラップ中にクーロン結晶を生成した場合、線密度が比較的低いときにはイオントラップの軸上にイオン群が一行にならぶ紐状の結晶となる。この紐状結晶をイオントラップから引き出しビームとすれば、径がナノメートル台でかつ拡がりも非常に小さいナノ・イオンビームを作ることが出来る [1-2]。このような超高品質ビームは工業、生物学、生命科学、医学等の様々な分野での応用が期待できる。

これまでに、線形ポルトラップに捕捉した $^{40}\text{Ca}^+$ をレーザー冷却によりクーロン結晶化し、これを外部に引き出すことに成功している [3-5]。図 1 にクーロン結晶化した $^{40}\text{Ca}^+$ からの LIF 像を示す。輝点の一つ一つがイオンを表している。各クーロン結晶をイオントラップから引き出した際に MCP で検出した信号を図 2(d) に示す。イオン数が 3 個の場合には粒子の到達時間間隔はほぼ等しくなっており、射出されたイオン群は軸方向にはその構造を保ったまま MCP まで到達したと推測される。

しかし、断面分布はまだ実験的な測定がされておらず、数値計算による評価しかない。図 2 に我々の線形ポルトラップ装置を想定した数値計算結果の一例を示す。縦軸は位相空間の広がり（温度に対応）であり、横軸は引き出し電圧である。イオン数が 2 個以上の場合には引き出し電圧によっては大きく加熱されてしまう。1 個では加熱しないことから、その原因はクーロン相互作用であると考えられる。現在、ナノポジショナーを用いたナイフエッジ法により断面方向分布を測定するためのシステムを開発中である。また、数値計算結果を参考により引き出しに実験に適した構造のイオントラップ装置の製作も同時に行っている。

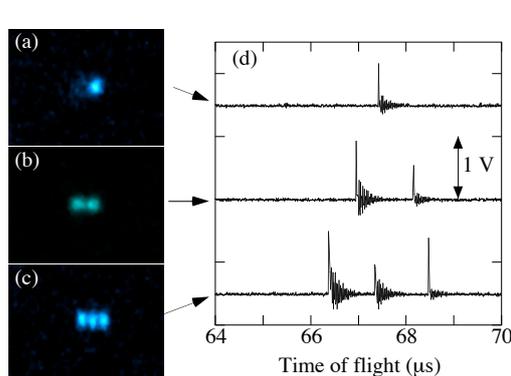


Fig.1

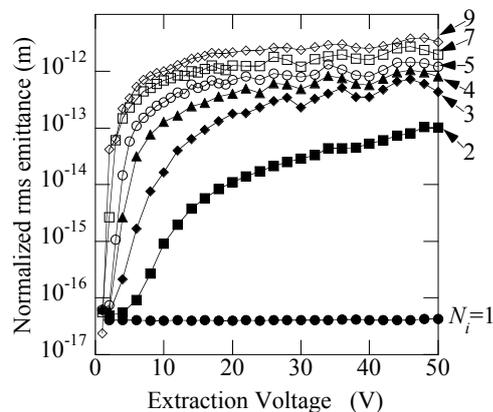


Fig.2

本研究は JSPS 科研費 23540574 の助成を受けたものです。

- [1] K. Ito, A. Ogata, H. Okamoto, *Int. J. Appl. Electromag. Mech.* **14** (2001), p.283.
- [2] M. Kano, S. Masuda, A. Ogata, K. Okabe, H. Okamoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **73** (2004), p.760.
- [3] W. Schmitzler, N. M. Linke, R. Fickler, J. Meijer, *et. al.*, *Phys. Rev. Lett.* **102** (2009), p.070501.
- [4] K. Izawa, K. Ito, H. Higaki, H. Okamoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **79** (2010), p.124502
- [5] K. Ito, K. Izawa, H. Higaki, H. Okamoto, *Proc. 1st International Particle Accelerator Conf.* (2010) p.3622