

2 流体プラズマ生成用イオンプラズマ形成時に生じるイオン加速現象の解明 Clarification of ion acceleration occurred during production of ion plasmas used for two fluid plasmas experiment

赤池 聖公¹, 比村 治彦¹, 加藤 敏樹¹, 岡田 勝志郎¹, 曾和 真司¹,
岡田 成文², 政宗 貞男¹

Kiyomasa AKAIKE¹, Haruhiko HIMURA¹, Toshiki KATO¹,
Katsushiro OKADA¹, Shinji SOWA¹, Shigefumi OKADA², Sadao MASAMUNE¹

京都工芸繊維大学¹, 大阪大学²
Kyoto Institute of Technology¹, Osaka University²

荷電粒子トラップは科学技術において幅広い用途を有する。そのうちの一つであるペニングトラップは量子コンピュータ[1]や2流体プラズマ[2]、顕微鏡検査用[3]、分光用[4]、がん治療用ビーム[5]、反物質[6]の研究などで利用されている。Figure 1はBX-U装置[7]での我々の実験セットアップの模式図を示している。ペニングトラップでは、Fig. 1のように荷電粒子を軸方向と径方向それぞれに閉じ込めるために、二つのポテンシャル障壁と一様磁場が用いられる。片側（上流側）のポテンシャル障壁 ϕ_u を開閉することで、荷電粒子をそのトラップ内に蓄積できる。しかしながら、そのポテンシャル障壁を閉じるときに一部のLi⁺が加速され、トラップから軸方向に漏洩する[8, 9]。我々はこの加速には ϕ_u の増分 $\Delta\phi_u$ とその立ち上がり時間 Δt_{rs} が重要な実験パラメータであることを解明した[8, 9]。

最近の我々の研究で[8, 9]、 ϕ_u の開閉によるイオンビームの軸方向エネルギー分布の変化を調べるために、下流側のポテンシャル障壁 ϕ_d を乗り越えたイオン数 N_{leak} が測定された。Figure 2は N_{leak} の ϕ_d 依存性を示している。イオンビームは加速電圧5 Vで入射されるため、 $\phi_d = 5$ Vでは、ほとんどのイオンは ϕ_d を乗り越えない。一方で、 ϕ_u が閉じることで、 $\phi_d = 5$ Vにも関わらず、半分以上のイオンが ϕ_d を乗り越える。これは ϕ_u の開閉により、一部のイオンがエネルギーを受け取るからである。 $\Delta t_{rs} = 5, 80 \mu s$ のときをそれぞれ比べると、 $80 \mu s$ のときは $\phi_d = 15$ Vで ϕ_d を乗り越えるイオンはいない。一方で、 Δt_{rs} が $5 \mu s$ では、 ϕ_d のプリセット値(17.5 V)でさえ、イオンが ϕ_d を乗り越える。この結果から、イオンが受け取るエネルギーは Δt_{rs} に大きく依存している。また、 ϕ_d がプリセット値のとき、17.5 eV以下のイオンはポテンシャル障壁間にトラップされるが、イオン群の軸方向振動により一部のイオンはト

ラップから断続的に漏洩する。その漏洩の振動数とイオン群の軸方向振動数は一致している。本発表ではこれらの詳細が述べられる。

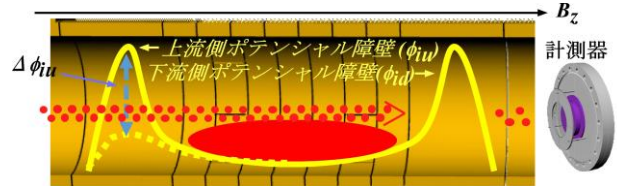


FIG. 1 実験セットアップの模式図

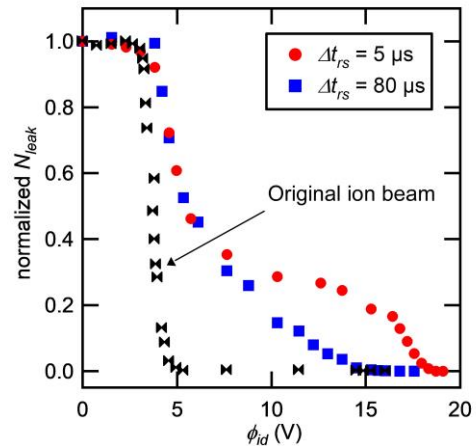


FIG. 2 N_{leak} の ϕ_d 依存性(最大値 $\approx 2 \times 10^6$ で規格化)

- [1] J. W. Britton, *et al.*, Nature **484**, 489 (2012).
- [2] H. Himura, AIP Conference Proceedings **1928**, 020005 (2018).
- [3] J. R. Danielson, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **90**, 081503 (2007).
- [4] T. J. Xu, *et al.*, Phys. Plasmas **23**, 033109 (2016).
- [5] M. Durante, *et al.*, Nat. Rev. Clin. Oncol. **14**, 483 (2017).
- [6] M. Ahmadi, *et al.* (ALPHA Collaboration), Phys. Rev. Lett. **120**, 025001 (2018).
- [7] H. Himura, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A **811**, 100 (2016).
- [8] H. Himura, *et al.*, Phys. Plasmas **24**, 102129 (2017).
- [9] K. Akaike and H. Himura, submitted to Phys. Plasmas, (2018).