

低温プラズマから反応性イオンのみを引き出す小型選別器の開発研究

Development of a compact separator to extract only reactive ions from low-temperature plasma

西尾昂¹, 岡田敏和¹, 中島雄太郎¹, 稲垣泰一郎¹,
比村治彦¹, 神吉隆司², 三瓶明希夫¹, 守屋剛³

S. Nishio¹, T. Okada¹, H. Himura¹, T. Kanki², A. Sanpei¹, T. Moriya³, et al.

京都工芸繊維大学・電子システム工学専攻¹, 海上保安大学², 東京エレクトロン株式会社³
Kyoto Institute of Technology, Dept. Electronics¹, Japan Coast Guard Academy Univ.²,
Tokyo Electron Limited³

現在, 半導体プロセスではナノメートルオーダーの3次元微細加工技術が進展しており, 反応性プラズマを用いたPECVD[1]がダイレクトプラズマ方式として一般的に用いられている。しかしPECVDではプラズマ中に含まれる様々な粒子がウェーハと化学的に, 一部は物理的にも反応するという問題がある。そこで, 半導体製造装置に搭載可能でプラズマ源から離れた場所にある反応容器内へと特定イオン種だけが輸送できる小型選別器の開発を行っている。単一型の小型選別器は図1(a)に示すように2枚の加速電極と3枚のアイツェルレンズ, そして永久磁石による2つの磁場偏向部からなっている。これを3×3の9つ組み合わせたものが小型選別器の完成形である。この小型選別器の設計, 反応性イオンの輸送に関するシミュレーション[2]は行われているが, 実際に特定イオンが小型選別器によって引き出されることを示す実験は行われていない。そこで単一型の小型選別器のプロトタイプを作成し, シミュレーション通り特定イオンを引き出せるか検証する実験を行っている。

これまでの実験では, 特定イオンとしてLi⁺のみを射出可能な, z軸方向の真空管にソレノイドコイルが巻かれているBX-U装置の中に小型選別器のプロトタイプを入れて行った。それにより密度が $n \sim 10^{11} \text{ m}^{-3}$ で磁化された特定イオンをシミュレーション通り引き出せることが実証された。[3]しかしながら, 実際の低温プラズマ源には多種多様なイオン種が存在し, なおかつ磁化されていない。さらには一般的なプラズマを用いた原子層堆積ではそのフラックスが 10^{18} 程度求められる。そのような条件で単一型の小型選別器を使って複数のイオン種から特定イオンのみの引き出しが可能かどうか今回シミュレーションで検証を行った。このシミュレーションは酸素をプラズマとして用いることを想定し, O₂⁻イオン, 電子がある中からO⁻イオ

ンのみを引き出すことを目指している。図1(b)は2つの偏向磁場と1cm幅のアパーチャーを組み合わせてO⁻イオンのみをフラックスが $10^{20} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ で引き出せることを表している。加速電極による加速電圧は3kV, 永久磁石による偏向磁場の磁束密度は約8kGである。現在このシミュレーションと同じセットアップの実験を行うための準備を進めている。

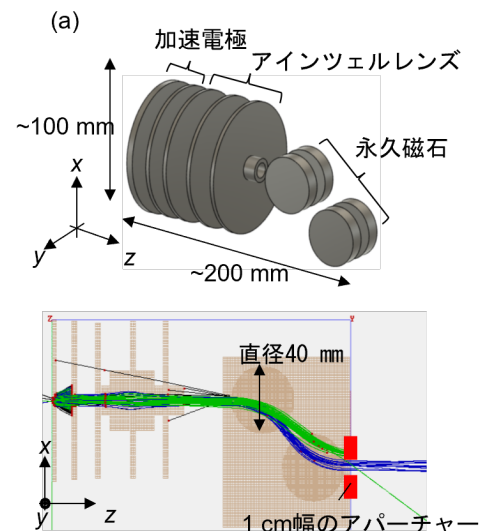


Fig. 1: a: 単一型の小型選別器。b: 小型選別器のプロトタイプによるO⁻イオンの引き出しに関するシミュレーション結果。青色の線はO⁻イオン, 緑色はO₂⁻, 黒色は電子の軌道を表す。

References

- [1] Shih-Nan Hsiao. *Appl. Surf. Sci.*, Vol. 542, p. 148550, 2021.
- [2] Takashi Kanki and Haruhiko Himura. *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 61, No. SI, p. SI1004, 2022.
- [3] Subaru Nishio and Haruhiko Himura. *Jpn. J. Appl. Phys.*, to be submitted.