

新型ナノプロセス検証装置における負イオンフラックスの制御

Exploration of negative ion generation in new type nano process equipment

田中達也, 比村治彦, 三瓶明希夫, 藤本佑弥, 金屋純一郎, 二宮貴哉, 岡内航, 香月悠良
Tatsuya Tanaka, Haruhiko Himura, Akio Sanpei, Yuya Fujimoto, Junitiro Kanaya, Takaya
Ninomiya, Wataru Okauti, Tikara Katsuki

京都工繊大、電子システム工学専攻
Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology

近年、集積回路の微細化が進行しており加工スケールはナノメートルオーダーとなっている。微細加工に対応するために、プラズマを利用した原子層堆積法 (PEALD) などが用いられている。通常用いられるダイレクトプラズマ方式では、プロセスで重要な役割を担う粒子種だけでなくプラズマ中の様々な粒子が化学的、かつ、それらの一部は物理的に反応する。また、プラズマの生成を維持するためにエネルギーが投入され続けるため、プラズマは熱的に非平衡状態である [1]。このため、イオンの速度分布も非一様になる。これらの理由により、ナノプロセスで超薄膜の膜質を向上させるために、イオンのエネルギーを均一に揃えることが喫緊の課題になっている。

そこで我々は、薄膜の膜質をナノスケールで制御するために、特定粒子種だけをビームとしてプラズマ源から高速で引き出し集束偏向させ [2]、最後に所望のエネルギーに下げる方法を提案している。特定の粒子種として、一価の酸素負イオン O^- と水素負イオン H^- を用いる。 O^- は強力な酸化剤の可能性 [3] と酸化プロセスの促進に重要な役割を担う可能性 [4] が報告されている。提案した方式を実験的に検証するために制作した装置では、13.56 MHz の高周波プラズマを生成する。このプラズマ源内には、磁気フィルターが設けられている。磁気フィルターの上流側と下流側で異なる電子温度領域を作り、解離性電子付着により負イオンを生成する [5]。生成された負イオンをビームとして引き出し、集束偏向させることで特定の粒子種がターゲットへと輸送される。ターゲット直前で任意のエネルギーまで減速し、イオンエネルギーを制御してターゲットにビームを照射する。実験では、酸素負イオン O^- の酸化力と水素負イオン H^- の還元力のイオンフラックス依存性を調べる。

平面型プラズマ源での磁気フィルター上流側と下流側をそれぞれダブルプローブとシングルプローブによ

り酸素プラズマの電子温度を測定した初期結果は、上流側で ~ 5 eV、下流側で 2 eV であった [6]。Fig.1 は、負イオンナノプロセス検証装置のアスペクト比を大きくしたプラズマ源を示している。本発表では、Fig.1 の装置を使用し、酸素プラズマと水素プラズマについて磁気フィルターの上流側と下流側でそれぞれダブルプローブを用いた電子温度の測定について述べる。

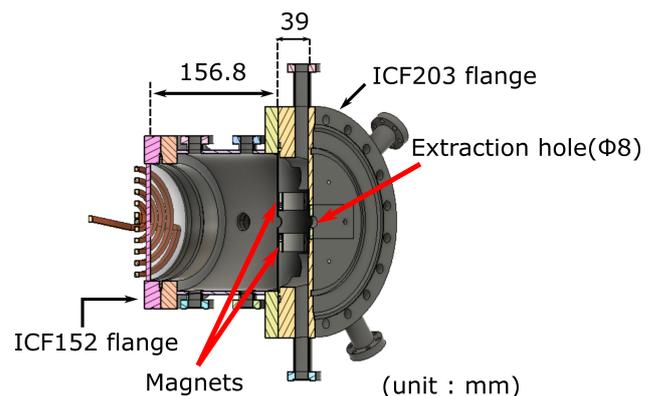


Fig. 1: A schematic of the source region of a plasma developed.

References

- [1] M. Shiratani *et al.*, Mater. Sci. Forum **879**, 1772 (2017).
- [2] M. Reiser, *Theory and Design of Charged Particle Beams* (Wiley, Weinheim, 2008).
- [3] T. Fujii *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **38**, L1466 (1999).
- [4] T. Yamamoto *et al.*, J. Vac. Soc. Jpn. **60**, 292 (2017).
- [5] J.R.Hisker *et al.*, "Generation of Negative Ions in Tandem High-density Hydrogen Discharge", J. Appl. Phys., **56**, 1927 - - 1938, (1984)
- [6] N. Kodama *et al.*, Plasma Fusion Res. **14**, 1206088 (2019).