

リング状ホロー電極型高密度容量結合プラズマの溝深さの影響

Influence of groove depth on high-density capacitively coupled plasma with RF ring-shaped hollow electrode

○大津 康德、松本 直樹 (佐大院工)

○Yasunori Ohtsu, Naoki Matsumoto (Saga Univ.)

E-mail: ohtsuy@cc.saga-u.ac.jp

容量結合プラズマは、その構造が簡単のため、現在でも半導体素子の超微細加工や機能性薄膜合成のために広く利用されている。しかしながら、低密度であるため、生産性に課題が残っている。そこで、プラズマ生成用の駆動周波数を高周波化することで、プラズマへの吸収効率を高める方法が提案されている[1]。しかし、高周波化することにより、波長が短くなるため、メートル級のプロセスにおいて、電極の大きさと波長が同程度となり、プラズマ分布が不均一になる問題[2]が新たに生じている。また、汎用性のある周波数は工業周波数の 13.56MHz であり、高周波化に伴う設備コストは高くなる。本研究では、13.56 MHz の RF 電源を用いて、電極形状を変更することで、即ち、リング状ホロー電極を使用することで、プラズマの高密度化について研究を進めている。これまで、高密度化に最適化なリング状ホロー電極の溝幅 W の条件 ($W \approx 2d_s + \lambda_e$, d_s : シース厚さ, λ_e : 電子平均自由行程) [3]などを明らかにしてきた。

今回は、容量結合プラズマの高密度化に及ぼすリング状ホロー電極の溝深さの影響を検討した結果について報告する。図 1 に、ホロー溝位置 $r = 37.5$ mm におけるプラズマ密度 n_e と溝深さ D との関係を示す。ここで、実験条件は、RF 電力 20 W (電力密度 0.25 W/cm^2)、Ar 圧力 53.2 Pa とした。溝の幅は $W = 2$ mm とし、溝深さは、 $D = 5, 8, 10, 12, 15$ mm の 5 点変化させた。どの溝深さにおいても、プラズマ密度は 10^{10} cm^{-3} 以上に達している。溝深さ D が大きくなると、プラズマ密度は増加し、 $D = 10$ mm で最も高い値を示し、その後減少している。電極から離れた $z = 9$ mm の位置では、 $7 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ を超えている。溝深さが大きくなると、壁での損失が増加し、溝から移動してくるプラズマ粒子の密度が減少したことが要因と考えられる。

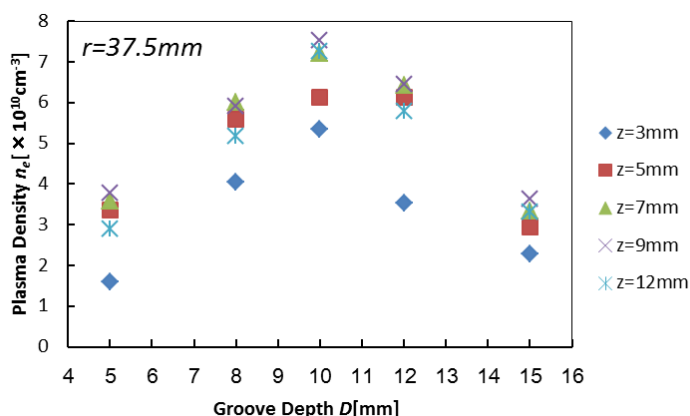


図 1. プラズマ密度と溝深さとの関係

[1] V. A. Godyak and O. Popov, *Sov. J.*

Plasma Phys. 5 (1979) p.227.

[2] P. Chabert P and N. Braithwaite, *Physics of Radio-Frequency Plasmas*, (2011) (Cambridge Univ.).

[3] Y. Ohtsu and Y. Kawasaki, *J. Appl. Phys.*, **113** (2013) p.033302.