

容量結合プラズマの Torr オーダー圧力における プラズマ密度の印加周波数依存性

Effects of applied frequency on plasma density at Torr-order pressure region in
capacitively coupled plasmas

東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ¹ [○]伝宝 一樹¹, 森田 靖¹, 松土 龍夫¹

Tokyo Electron Technology Solutions Ltd.¹, [○]Kazuki Denpoh¹, Yasushi Morita¹, Tatsuo Matsudo¹

E-mail: kazuki.denpoh@tel.com

【はじめに】エッチングプロセスに用いられる 100 mTorr 以下の低圧力領域では、印加周波数 $f(=\omega/2\pi)$ と共にプラズマ密度 n_p は増大することが一般的に知られており、例えば、Lieberman と Lichtenberg は、プラズマ密度が印加周波数の 2 乗に比例する($n_p \propto \omega^2 V_{rf}$)との解析的スケーリング則 [1]を示している。本報では、PECVD や PEALD 等の成膜プロセスに用いられる Torr オーダーの圧力領域において、印加周波数がプラズマ(電子)密度に及ぼす影響を調べた。

【結果】電子密度の計測結果(Ar, Ar/N₂ at 0.8 Torr)を Fig. 1 上段に、PIC-MCC シミュレーションによる計算結果(H₂/Ar at 1.2 Torr)を Fig. 1 下段および Fig. 2 に示す。電子密度は 450 kHz で極大値、5 – 27 MHz で最小値を取り、VHF 領域で再び増加する。低周波領域(<13.56 MHz)における電子密度の上昇は γ モード[2]に加え、Fig. 2 に示すイオン密度の振動とそれに伴うプラズマバルクの崩壊 (5 MHz)と再形成(450 kHz)も重要な要因である。

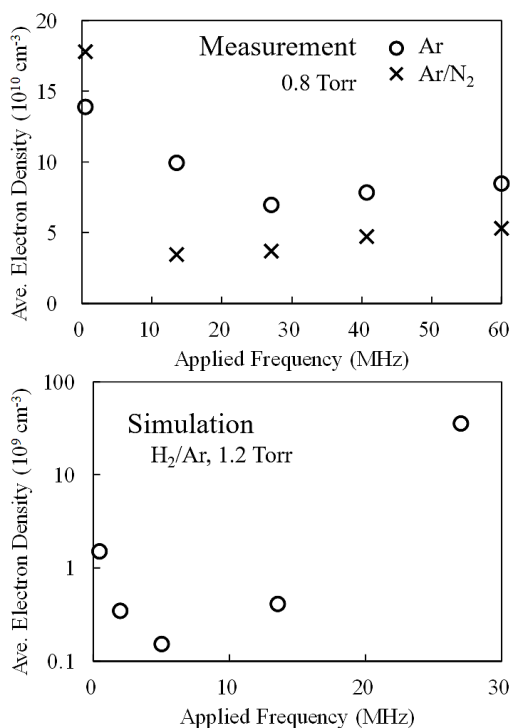


Fig. 1 Frequency trends of electron density.

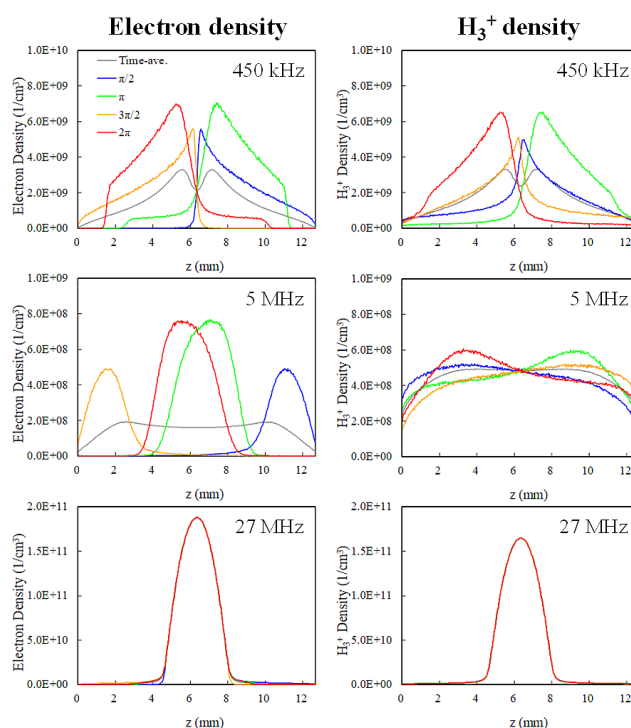


Fig. 2 Density profiles at four phases in H₂/Ar plasmas.

[1] M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing* (Wiley, New York 1994), p. 349. [2] X.-M. Liu *et al.*, Chin. Phys. B **20**, 065205 (2011).