

パルス変調二周波重畳容量結合型プラズマにおける
キャピラリープレート下部の電荷密度評価
**Evaluation of charge density at the bottom of the capillary plate
in a pulse modulated dual frequency CCP**

中原 尚哉¹, 森山 誠¹, 鈴木 陽香^{1,2}, 豊田 浩孝^{1,2,3}
Naoya Nakahara¹, Makoto Moriyama¹, Haruka Suzuki^{1,2}, Hirotaka Toyoda^{1,2,3}

名古屋大学¹, 名古屋大学 低温プラズマ科学研究センター², 核融合研³
Nagoya Univ.¹, cLPS, Nagoya Univ.², NIFS³

1. はじめに

近年、半導体メモリデバイスの三次元高集積化が進んでおり、容量結合型プラズマ(CCP)を用いた反応性イオンエッチング(RIE)による高アスペクト比プロセスの重要性が増してきている。超高周波(VHF)と低周波(LF)両電源を組み合わせた二周波重畳容量結合型プラズマ(Dual frequency capacitively-coupled plasma : DF-CCP)は、プラズマの密度と基板に入射するイオン衝撃エネルギーをそれぞれ独立して制御することが可能であるため、高イオン衝撃エネルギーの下で進行する RIE に有用である。一方、エッチングホール底部に到達する正イオンによりチャージアップが引き起こされ、ホールの形状異常の原因となることが指摘されている。チャージ緩和のため、プラズマをパルス制御する試みもなされているが、その際のチャージ量の時間変化については詳細な議論が行われていない。

本研究では、パルスプラズマ中の高アスペクト比エッチングホール内のチャージ量の絶対量の評価を目的として、エッチングホールを模した鉛ガラス製キャピラリープレート(CP)を CCP 電極上に設置した。CP 下部の電圧を測定することにより、CP 下部におけるチャージ量を算出した。

2. 実験装置

Fig.1 に示すように円筒状真空容器（直径 160 mm）の内部に直径 110 mm、間隔 30 mm の CCP 対向電極があり、接地電極側のガスマニホールから Ar 2 Pa を導入した。RF 電極には整合器を介してパルス制御(1 kHz, Duty 比 50%)が可能な VHF 電源 (40.68 MHz) および LF 電源 (2 MHz) が接続されており、両電源間には相互干渉阻止用のバンドパスフィルタが挿入されている。RF 電極には静電チャックを模擬したアルミナ板上に金属電極と CP が配置されている。フィードスルーを介し大気側まで引き出されたリード線と高電圧プローブにより CP 下部電極の電圧 (V_{BTM}) を測定した。プラズマから RF 電極までの等価回路から CP にかかる電圧を評価し、計測した各部の静電容量を用いて CP 下部の電荷密度を算出した。CP は厚さ 0.3 mm、アスペクト比(AR)は 12 及び 50 である。

3. 実験結果

VHF 電力 400 W を印加し、LF 電力を 0 から 150 W まで変化させて測定を行った。Fig.2 に AR12 及び 50 の CP 下

部におけるパルス ON 時の面電荷密度算出結果を示す。AR50 では、CP 上部の自己バイアス電圧($V_{\text{AVE}}^{\text{TOP}}$)が -200 V 程度になるまでは電荷密度が増加し、更に電圧が増加すると電荷密度は減少する。これはプラズマからシースを介して加速された正イオンが CP 下部に到達することにより電荷密度が増加するが、高自己バイアスでは CP 上部と下部の電位差の増加と共に電子の引き込みが発生し電荷密度が減少することを示唆している。一方 AR12 では、AR50 と比較して低い自己バイアス電圧で電荷密度が減少し始め、負電荷の蓄積に変化している。これは低 AR のため CP 下部へ電子が到達しやすいことを示している。

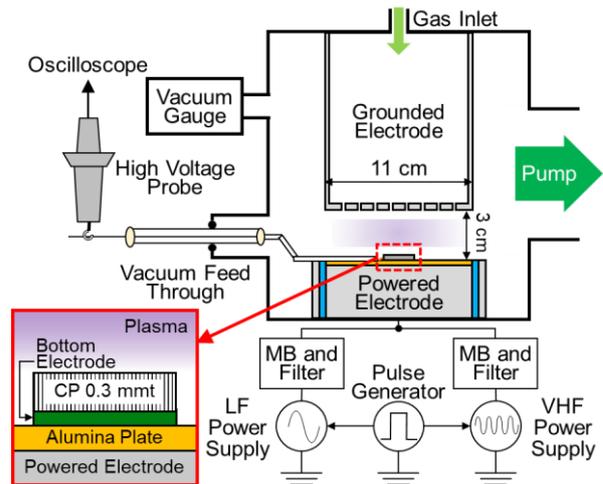


Fig.1 Experimental setup and structure around CP.

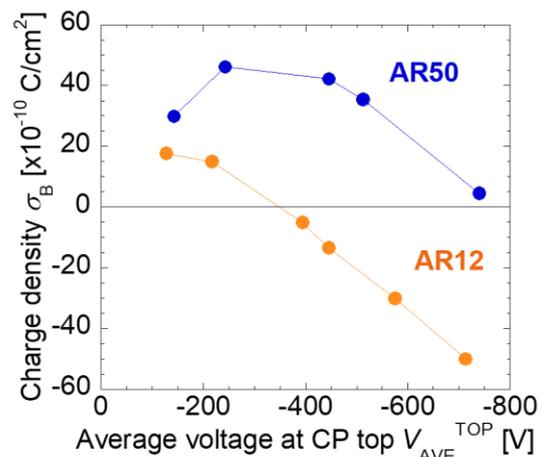


Fig.2 Charge density at CP (AR12, 50) bottom vs. average voltage at CP top.