

質量分析法を用いた二周波容量結合型 Ar/C₄F₈/O₂
パルスプラズマ中イオンの時分解計測

Time-resolved measurements of ions in a dual-frequency capacitively-coupled
Ar/C₄F₈/O₂ pulsed plasma by mass spectrometry

名大工¹, 名大低温プラズマ², 核融合研³

○(M1)関悠斗¹, (B)加藤閑人¹, (D)久保井宗一¹, 鈴木陽香^{1,2}, 豊田浩孝^{1,2,3}

Nagoya Univ.¹, cLPS, Nagoya Univ.², NIFS³

○Yuto Seki¹, Haruhito Kato¹, Schuichi Kuboi¹, Haruka Suzuki^{1,2}, Hirotaka Toyoda^{1,2,3}

E-mail: seki.yuto@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. 背景

近年、AI やビッグデータなどの発達により、情報量が急激に増大しており、半導体メモリデバイスの需要が増加している。そのため、デバイスの高集積化、高積層化が求められており、より高いアスペクト比 (HAR) のホール加工技術が要求されている。このような加工にはパルス変調した二周波容量結合型プラズマ (Dual-Frequency Capacitively-Coupled Plasma: DF-CCP) を用いた反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching: RIE) が使用されている。

HAR ホールの RIE では、中性ラジカルはホール側壁への付着によってホール底部に到達しづらくなり、ホール底部におけるエッチングではイオンの寄与が大きくなる可能性がある。本研究ではパルス駆動 DF-CCP におけるイオンの時分解計測を行った。

2. 実験装置

実験装置図の概略を Fig. 1 に示す。円筒型真空容器内 (直径 160 mm) の平行平板電極 (直径 110 mm、間隔 30 mm) に整合器を介して VHF 電源 (40 MHz) 及び LF 電源 (2 MHz) が接続されている。両電源は 1 kHz、Duty 比 50% でパルス変調しており、両電源間には相互干渉防止のバンドパスフィルタが挿入されている。接地電極側のガスマニホールドから真空容器内に Ar ガス 34 sccm、c-C₄F₈ ガス 4 sccm 及び O₂ ガス 2 sccm を導入し、圧力を 4 Pa とした。電源側電極上にはアルミナ板があり、接地電極側の側面にはプラズマの漏れ防止用のライナーを設けている。イオン計測にはエネルギー分析機能を持つ四重極質量分析器 (Quadrupole Mass Analyzer: QMA) を用いた。プラズマ中の粒子はオリフィス (直径 0.1 mm) を通り QMA に取り込まれ、質量分離され検出される。

3. 実験結果

VHF 電力 100 W、LF 電力 20 W において、パルス ON 時におけるイオンエネルギー分布 (Ion Energy Distribution: IED) の時分解計測を行った。得られた IED をイオンエネルギーで積分することで、その時刻におけるイオンの信号強度が得られる。各時刻において IED を積分した結果を Fig.2 に示す。時間経過とともに Ar⁺イオンは減少し、C₃F₅⁺イオンや C₂F₄⁺イオンは増加している。

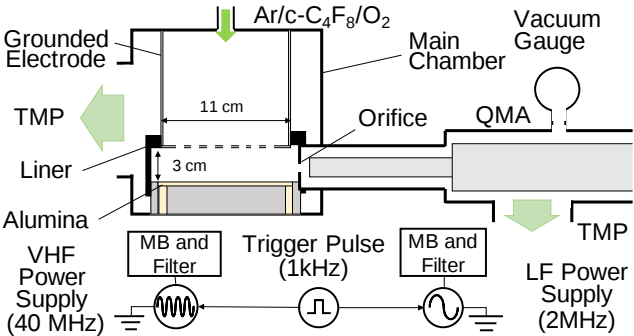


Fig.1 Experimental apparatus.

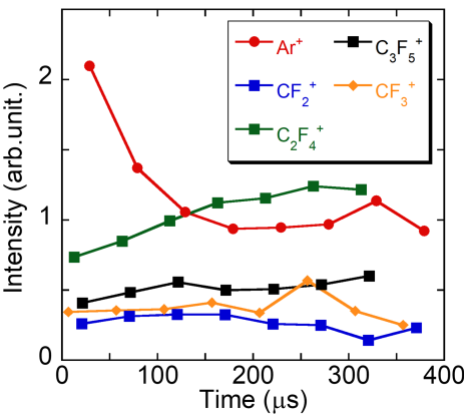


Fig.2 Time-resolved measurement of ionic species.