

パルス変調二周波容量結合型Ar/C₄F₈/O₂プラズマにおけるイオン組成変化の時間分解測定
**Time-resolved ion composition measurement in pulse-modulated
 dual frequency capacitively-coupled Ar/C₄F₈/O₂ plasma**

鈴木陽香^{1,2)}, 関悠斗¹⁾, 加藤閑人¹⁾, 久保井宗一¹⁾, 豊田浩孝^{1,2,3)}
 Haruka Suzuki^{1,2)}, Yuto Seki¹⁾, Haruhito Kato¹⁾, Shuichi Kuboi¹⁾, Hirotaka Toyoda^{1,2,3)}

名古屋大学工学研究科, 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター, 核融合科学研究所
 School of Eng, Nagoya Univ., cLPS, Nagoya Univ., National Institute for Fusion Science

半導体メモリデバイスの需要が増加し、デバイスの高積層化が進んでいる。それにともない、より高いアスペクト比 (HAR) のホールエッチング加工技術が求められているが、穴底のチャージアップ抑制の観点から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) を用いたフロロカーボンガスによる反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching: RIE) が使用されている。RIEでは穴底への化学活性種の吸着とイオン衝撃によって反応が進行するが、HARでは中性フロロカーボンラジカルは側壁付着によりホール底部まで到達しづらく、ホール底部へのフロロカーボン供給にはイオンの寄与が大きくなる。一方、パルス駆動されたプラズマにおいてはパルス放電時間中におけるイオン組成時間変化がおこりプロセスへ影響することが懸念される。そこで、質量分析器を用いた時分解イオン計測により、プラズマ中のイオン組成時間変化を計測した。

実験には電極直径10cm, 電極間距離3cmの40MHzVHF/2MHzLFの二周波重畳容量結合型プラズマ装置を用いた。接地電極側に配したガスマニホールドからAr/c-C₄F₈/O₂を34/4/2 sccm 導入し、圧力を4 Paとした。VHF, LFともにパルス周波数1kHz, 50%デューティー比にてON-OFFパルス変調されている。また、電極周囲は接地された金属ライナーでプラズマ拡がりを抑えるとともに、ライナー壁部に差動排気された四重極質量分析器のオリフィス (直径0.1mm) を配置し、プラズマ中のイオンを計測する。また、各イオン種はそれぞれ測定時刻毎にエネルギー分布測定をおこない、結果をエネルギー積分することによりイオン強度を得た。なお、時分解計測においては各イオン毎にオリフィスから質量分析器検出部まで到達する時間遅れに違いがあることから、これらを補正した時刻を用いて時

分解計測を行っている。

図1にVHF電力100W, LF電力20WにおけるC₂F₄⁺イオンのエネルギー分布のパルスON後の変化を示す。イオンエネルギーはRF放電特有のBimodal分布を示しており、高周波によりプラズマ電位が振動していることを示している。また、最大エネルギーは放電ON直後に比較的高い値を示した後に減少し一定化しており、パルスON直後にプラズマ電位振動が大きいことを示している。これはパルスON直後にプラズマ密度が低い場合、接地電極側のシースが厚くなっていることが原因と考えられる。同一条件において表面波プローブを用いた電子密度の時間変化測定を行ったところ、電子密度の増加の時間スケールはイオンエネルギー分布が定常化する時間スケールと比較的によく一致しており、このこともプラズマ電位振動がプラズマ密度に影響されたものであることを示唆している。なお、イオンエネルギー分布の結果をもとに得られたイオン組成時分解計測において、パルスON直後に最も大きかったが講演においては、Arイオン組成比が時刻とともに減少していることも確認された。講演においては、イオン組成時間変化の原因について検討をした結果について報告する。

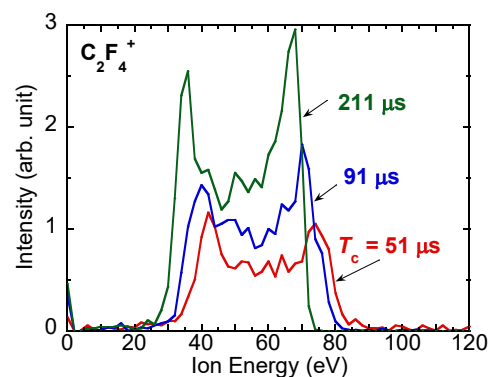


Fig. 1. C₂F₄⁺ ion energy distribution at different timing.