

## Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/SF<sub>6</sub> を用いたガス変調サイクルプロセスにおける活性種の挙動 2

### Behavior of active species in the cycle process modulated Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/SF<sub>6</sub> gases - 2

名大院工<sup>1</sup>, 名大低温プラズマ科学研究センター<sup>2</sup> °吉江 泰斗<sup>1</sup>, 堤 隆嘉<sup>2</sup>, 石川 健治<sup>2</sup>, 堀 勝<sup>2</sup>

Nagoya Univ. Eng.<sup>1</sup>, Center for Low-temperature Plasma Sciences, Nagoya Univ.<sup>2</sup>

°Taito Yoshie<sup>1</sup>, Takayoshi Tsutsumi<sup>2</sup>, Kenji Ishikawa<sup>2</sup>, Masaru Hori<sup>2</sup>

E-mail: yoshie.taito@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに ガス変調サイクルプロセスでは (1) C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> を用いた側壁保護膜の堆積および (2) Ar と SF<sub>6</sub> を用いた異方性エッチングを交互に行うことで、形状異常の少ない高アスペクト比 Si エッチングを可能にしている<sup>[1]</sup>。エッチング形状制御のため、プラズマ中のイオンやラジカルの挙動およびホール内部での反応メカニズムを解明し、プラズマのモニタリングとコントロールをすることが必要とされている。そこで、今回はガス変調サイクルプロセスにおける Ar の発光強度と電子密度の経時変化を、発光分光分析法(OES)と表面波プローブを用いて調べた。

2. 実験方法 誘導結合型プラズマ(ICP)装置に Ar ガスを連続的に 80 sccm、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> と SF<sub>6</sub> ガスを逆相にパルス周波数 1 Hz、Duty 比 25 %、10 sccm で交互に導入した。圧力は 4.0 Pa に自動制御され、ICP アンテナに 13.56 MHz、300 W の RF を印加することでプラズマを生成した。1 周期中の Ar(750.4 nm)発光強度と電子密度の経時変化をそれぞれ OES と表面波プローブによって計測した。

3. 結果と考察 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> ガスおよび SF<sub>6</sub> ガスを交互にパルス導入したプラズマにおける電子密度を 1 サイクルにわたり計測した結果を Fig. 1 に示す。Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> プラズマと Ar/SF<sub>6</sub> プラズマにおいては、0~250 ms の領域でのみガスのパルス導入を行い、Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/SF<sub>6</sub> プラズマにおいては、0~250 ms と 500~750 ms 両方の領域でガスのパルス導入を行った。Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> プラズマ、Ar/SF<sub>6</sub> プラズマ、Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/SF<sub>6</sub> プラズマの順に電子密度が高いことがわかった。Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> プラズマと Ar/SF<sub>6</sub> プラズマにおいてはガス混合種のみが異なり、それ以外の条件は同じにも関わらず電子密度に大きな差がある。C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 混合時には CF や CF<sub>2</sub> などの解離種と、正イオンが多く存在すると考えられる。一方で、SF<sub>6</sub> 混合時には F の解離から比較的負イオンが発生しやすい状況にある。以上のことから、電子密度の差はプラズマ中の負イオンの量の差が原因だと考えられ、装置モデルのプラズマシミュレーションを行うことによって、負イオンと電子密度の関係を調査した。Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> プラズマに比べて、Ar/SF<sub>6</sub> プラズマではより急峻に電子密度が低下したが、Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/SF<sub>6</sub> プラズマにおいては C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 導入時と SF<sub>6</sub> 導入時で変化は見られなかった。この原因はガス切り替え時における装置内のガスの残留、ガス滞在時間との影響だと考えられる。

参考文献 [1] R. L. Bates *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A **32**, 041302 (2014).

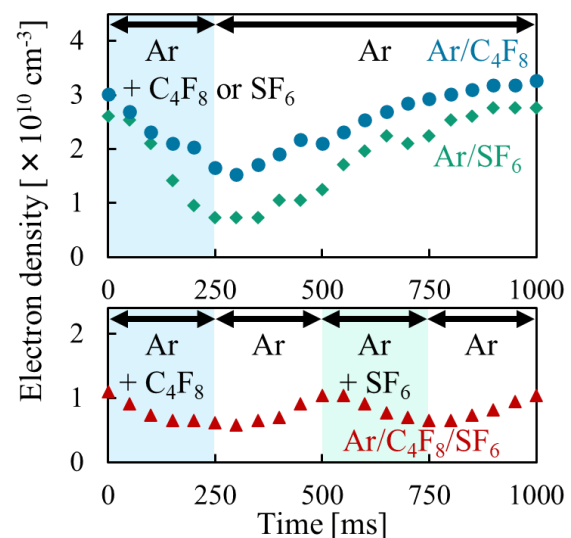


Fig. 1 Temporal changes in electron density for one cycle in Ar plasma with C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> or/and SF<sub>6</sub> pulse injection.