

グローバルモデルによるアフタアークプラズマにおける 酸素負イオン生成支配因子

Limiting factor of the generation of electronegative oxygen ions with after-arc plasma using global model

○北見尚久^{1,2}, 野本淳一², 酒見俊之¹, 牧野久雄^{2,3}, 青木康¹, 山本哲也²

(1. 住友重機械, 2. 高知工科大総研, 3. 高知工科大システム工)

○H. Kitami^{1,2}, J. Nomoto², T. Sakemi¹, H. Makino^{2,3}, Y. Aoki¹, T. Yamamoto²

(1. Sumitomo Heavy Industries, Ltd., 2. Research Inst., Kochi Univ. Tech., 3. Kochi Univ. Tech.)

E-mail: hisashi.kitami@shi-g.com

【はじめに】研究の目的は、酸化物薄膜中の点欠陥および吸着子の制御である。有効な解決策として、成膜後の酸素負イオン (O^-) 照射を考え、そのための O^- 照射装置の研究開発を行っている。これまで、前記装置を用いた O^- 照射により、ZnO 格子中の O 空孔密度の減少制御が、15 V のバイアスで可能であることを明らかにした^[1]。本講演では、グローバルモデル解析に基づいた O^- 生成高効率化の検討およびアフタアークプラズマ診断について報告する。

【実験方法】Reactive Plasma Deposition (RPD) 法における圧力勾配型プラズマガン^[2]の G2 中間電極とアノード (P) を間欠的に短絡することで、成膜室内直流アークプラズマを間欠発生させた。発生する O^- を、前述間欠制御に同期してバイアスを印加することで薄膜表面に O^- を照射する。プラズマ診断には、基板高さにおいて、質量・エネルギー分析器 EQP300 (Hidden Analytical Ltd.) とラングミュア・プローブを用いた。

【数値解析方法】計 17 種の粒子種 (e^- , Ar, Ar^+ , Ar^m , Ar^r , Ar (4p), O, O (1D), O^+ , O^- , O_2 ($^3\Sigma_g^-$), O_2 ($a^1\Delta_g$), O_2 ($b^1\Sigma_g^+$), O_2 ($C^3\Delta_u$, $A^3\Sigma_u^+$, $c^1\Sigma_g^+$), O_2^+ , O_2^- , O_3 , O_3^-) から成る粒子レート方程式と電子エネルギーバランス式とを用いて常微分方程式を解いた。電子温度は計算ステップ毎に計算し、マクスウェル分布を仮定した。プラズマ ON 時の飽和計算を行い、プラズマ OFF 時に負イオンフラックスが壁に到達し始めるポテンシャル低下時間 (t_0) を計算した。

【結果および考察】図 1 に O^- 密度および t_0 の酸素流量比依存性の数値解析結果を示す。チェンバーに導入する Ar と O_2 の流量 (FR) を合計 150 sccm とし、プラズマガンの圧力勾配を維持出来る範囲で O_2 流量比 ($O_2FR / (ArFR + O_2FR)$) を変化させた。 O^- 密度は O_2 流量比増加に伴い対数的増加を、 t_0 は線形的減少を示した。前記 O^- 密度増加は、解析から、 O_2 流量比増加に伴い、正イオンとの再結合 (例: $Ar^+ + O^- \rightarrow O + Ar$) の減少や中性粒子との結合離脱 (例: $O^- + O \rightarrow O_2 + e^-$) の増加などのバランスが原因であることが明らかになった。 t_0 の減少は O_2 流量比増加に伴う電子密度に対する負イオン密度の比の増加が主因子である。 t_0 の値は、約 1 ms であり、実験結果と良く一致している^[3]。本講演では、 O^- 密度の投入電力依存性の数値解析結果や O^- 生成高効率化のプラズマ診断結果についても報告する。

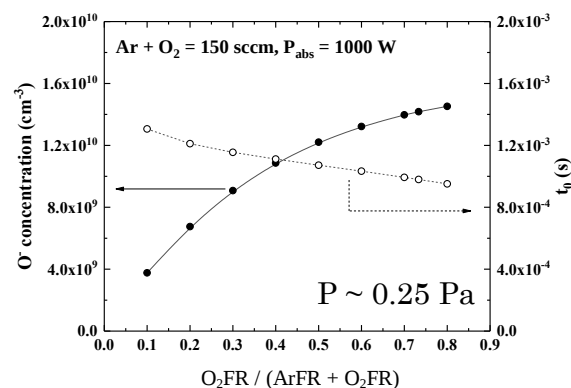


図 1 酸素負イオン密度 (O^-) およびポテンシャル低下時間 (t_0) の酸素分圧依存性

[1] H.Kitami, et al., ICDS-29, ThB2-1 (2017).

[2] J. Uramoto, J. Vac. Soc. Jpn. 25, 660 (1982).

[3] 北見 他, 第 78 回応物秋, 5a-A413-6 (2017).