

二周波駆動低圧 Ar/CH₄ プラズマにおける 基板へ入射するイオンおよびラジカルフラックスの解析 Numerical Analysis of Incident Ion and Radical Fluxes onto Substrate in Dual-Frequency Low-Pressure Ar/CH₄ Plasma



千葉工業大学¹, 名城大学², 岐阜大学³

◦(M1C)木村 勇太¹, 小川 慎¹, 小嶋 正宏¹, 小田 昭紀¹, 太田 貴之², 上坂 裕之³

Chiba Institute of Technology¹, Meijo University², Gifu University³,

◦(M1C)Y. Kimura¹, S. Ogawa¹, M. Kojima¹, A. Oda¹, T. Ohta², H. Kousaka³

E-mail: s1522093gr@s.chibakoudai.jp

1. 背景

ダイヤモンドライクカーボン(Diamond-Like Carbon, 以下 DLC)膜は, 膜中の水素含有率や sp² および sp³ 構造比によって幅広い特性を得ることから, 薄膜技術として応用されている. DLC の成膜手法の一つとして, プラズマ支援化学気相成長法が大面積かつ均一に処理できることから多く用いられているが, その堆積メカニズムには未解明な部分が多く, 膜の特性を制御するまでには至っていない. この DLC の堆積メカニズムの解明には, 基板に入射する粒子種や基板への入射フラックス量などの情報が重要である. また, 高エネルギーの炭素イオンが基板に入射することで sp³ 構造が増加すると報告されており^[1], 炭化水素イオンの基板入射時のエネルギーも重要なパラメータの一つである.

基板への入射フラックス量は成膜速度に寄与し, 基板入射時のエネルギーは硬度に寄与するが, これら 2 つのパラメータを単一の電源で独立して制御することはできない. しかし, 高周波と低周波の二種類の電圧波形を用いることで, 入射フラックス量とエネルギーを独立して制御し成膜を行うことができる^[2]. そこで, 本研究は二周波駆動 Ar/CH₄ 容量結合型プラズマの空間一次元モデルを構築し, 印加電圧波形がプラズマ中の粒子組成や基板への入射フラックスに及ぼす影響について解析を行ったので報告する.

2. 解析手法

本研究では, プラズマ中の粒子の挙動を流体とみなし, 空間一次元モデルを構築した. 電極半径 6 cm, ギャップ長 3 cm とした. 電極間には Fig. 1 に示すような二周波電圧波形(高周波(HF): 100-150 V, 122.04 MHz, 低周波(LF): 50-200 V, 13.56 MHz)を印加した. その際, Ar/CH₄(1%)の混合ガスを全ガス流量 100 sccm で流入し, 全ガス圧力を 13 Pa 一定となるように排気を考慮した. モデルでは, 荷電粒子 12 種類, 励起粒子 1 種類, ラジカル 5 種類, 非ラジカル 7 種類からなる計 152 種類の反応過程を考慮し解析を行った.

3. 結果および考察

Fig. 2(a)および(b)に, 低周波側印加電圧を 100 V 一定時におけるイオン種とラジカル種の基板への入射フラックスの高周波側印加電圧依存性を示す. Fig. 2 (a)より, 高周波電圧の上昇に伴いプラズマ密度が上昇したため, 入射フラックスは増加傾向となった. Fig. 2(b)より, 入射量の多い CH₂, H は 10¹⁴–10¹⁵ cm⁻²s⁻¹ オーダーで 75 V にかけて急激に増加し, その後飽和した. 次に入射量の多い CH₃ はほぼ一定であり, CH₄ の解離による生成と重合反応による消滅が釣り合うためと考えられる. その他結果については講演当日に報告する.

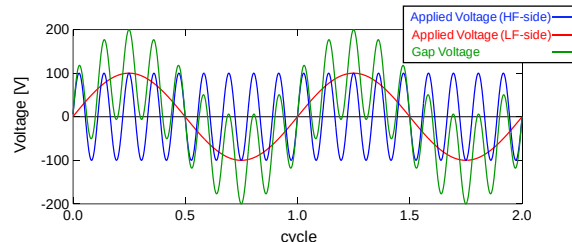


Fig. 1 Applied voltage waveform

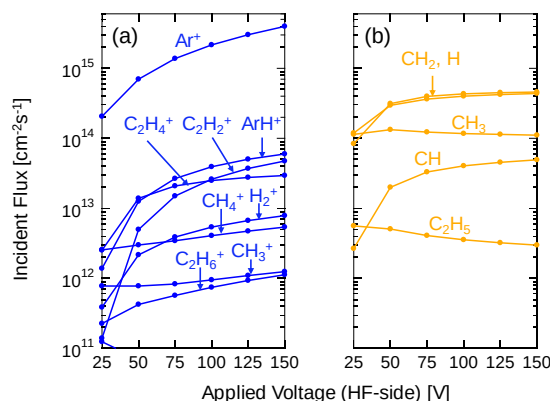


Fig. 2 HF-side applied voltage dependence of incident hydrocarbon (a) ion and (b) radical fluxes onto substrate

文 献

- [1] J. Robertson, *Mat. Sci. Eng.* Vol. 37, pp. 128-281 (2002)
- [2] H. Sugiura et al., *Journal of Carbon Research*, Vol. 5, (12 pages) (2019)