

# DLC 成膜用低圧 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> プラズマ特性に及ぼす 外部パラメータ依存性の数値解析

## Numerical Analysis of External Parameters Dependence on Properties of Low-Pressure C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> Plasma for Deposition of Diamond-Like Carbon Films

千葉工業大学<sup>1</sup>, °(M1)佐々木 瞬<sup>1</sup>, (M2)石井 晃一<sup>1</sup>, 小田 昭紀<sup>1</sup>

Chiba Institute of Technology<sup>1</sup>, S. Sasaki<sup>1</sup>, K. Ishii<sup>1</sup>, A. Oda<sup>1</sup>

E-mail: s17a4056wf@s.chibakoudai.jp

### 1. 背景

ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 膜は、高硬度、耐摩耗性などの特徴を有することから切削部品やしゅう動部品などに利用されている。この DLC 成膜には、減圧下で炭化水素ガスをプラズマ化させ成膜する低圧プラズマ CVD 法がよく用いられている<sup>[1]</sup>。その際、成膜用ガスとして C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> を用いた場合、炭化水素ガスである CH<sub>4</sub> と比較して成膜速度および膜硬度が改善されることが報告されている<sup>[2]</sup>。しかし、実験条件の変化に伴う C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> プラズマ中の粒子種や電子温度などのプラズマ特性に及ぼす影響は未解明な部分が多い。

そこで本研究では、低圧高周波 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> プラズマの空間 1 次元流体モデルの構築した上で、本モデルによるシミュレーションを行い、外部パラメータ (ガス流量, ガス圧力, 入力電力など) がプラズマ特性に及ぼす影響について解析を行った。

### 2. 解析手法

本研究では、プラズマ中における粒子の挙動を流体とみなし、数密度連続の式、ポアソンの式、電子エネルギー保存式からなる疑似熱平衡近似に基づく空間 1 次元流体モデルを構築した。Fig. 1 に、本モデルにおける電極構成を示す。2 枚の平板金属電極 (φ126 mm) を 3 cm の間隔を空けて平行に配置した。その後、放電空間内に C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ガスを流量 10 ~ 200 sccm で導入し、チャンバ内の全ガス圧力を 40 Pa 一定となるように排気を考慮した。その上で、両金属電極間への 150 W の電力を投入したと設定した。ここで、本モデルでは、21 種類の荷電粒子、12 種類のラジカル、7 種類の非ラジカルの計 40 種類の粒子種が本プラズマ中に存在するとし、これら粒子種による計 106 種類の反応過程を考慮して解析を行った。

### 3. 結果および考察

Fig. 2 に、ガス流量を 10 ~ 200 sccm で変化させた際の C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> プラズマ中の正イオン数密度の空間分布を示す。本図より、流量を 100 sccm まで増加させると炭素

を 6, 8, 10 個含む高次イオン (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub><sup>+</sup>, C<sub>8</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup>, C<sub>10</sub>H<sub>6</sub><sup>+</sup>) 数密度が 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> cm<sup>-3</sup> のオーダーで表れる。更に流量を 200 sccm まで増加させると、C<sub>12</sub>H<sub>6</sub><sup>+</sup> の顕著な増加が確認できる。これは、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> の流量の増加に伴い、イオンの重合反応で主に消費される C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup> が多く生成され、重合反応が促進されたためと考えられる。イオンの重合反応で C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup> に次いで消費される C<sub>4</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup> が、流量の増加に伴い減少していることから反応の促進が示唆された。その他結果については講演当日に報告する。

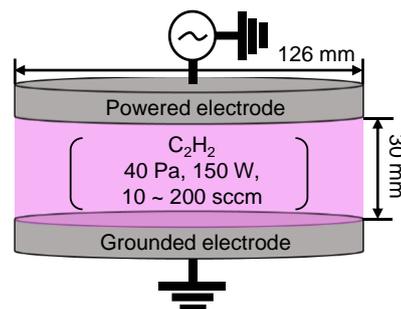


Fig. 1 Schematic diagram of low-pressure radiofrequency C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> plasmas model.

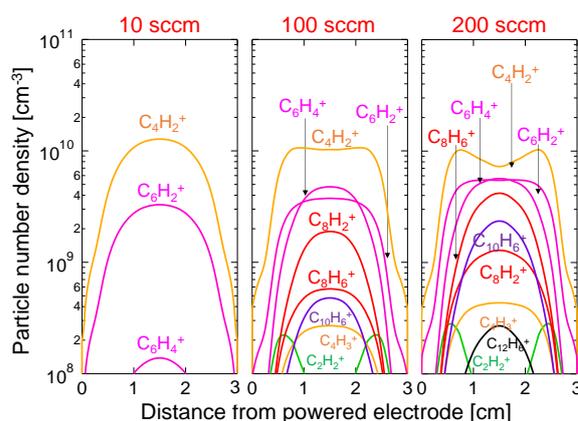


Fig. 2 Gas-flow rate dependence of positive ions number density in C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> plasmas.

### 文 献

- [1] 鈴木 雅裕 他: 表面科学, Vol. 25, No. 4, pp. 232-237 (2004)  
[2] 崔 竣豪 他: トライボロジスト, Vol. 62, No. 3, pp. 228-235 (2017)