

DLC 成膜用炭化水素プラズマの質量分析およびプローブ診断

Diagnostics of Hydrocarbon Plasmas for Diamond-like Carbon Films

using Mass Spectrometry and Langmuir Probe

○深井 駿, 大野 祐也, 小田 昭紀 (千葉工業大学)

°Shun Fukai, Yuya Ohno, Akinori Oda (Chiba Institute of Technology)

E-mail: s1122266SG@s.chibakoudai.jp

1. 背景

ダイヤモンドライクカーボン (DLC: Diamond-Like Carbon) は、硬さ、耐食性、耐摩耗性などの特性に優れており、ペットボトルの容器や切削工具、自動車部品などのコーティングで様々な分野に使用されている。近年は環境問題への対応のため、DLC の低摩擦化に注目が集まり、摩擦損失の低減による自動車エンジンの低燃費化、焼き付き防止のための駆動部品やポンプ部品への採用など、その重要性は更に高まっている。そのため、DLC成膜源である炭化水素ガスを用いた低温プラズマCVDにおける基板へ入射するイオンの種類や量、エネルギーなどが着目されており、それらを制御する必要がある。

これまで、我々の研究グループでは、炭化水素プラズマ CVD による DLC 成膜の最適化を目指し、炭化水素プラズマ中のイオン種やラジカル種の同定を行いガス圧力や入力電力依存性のイオン種の同定の報告を行ってきた⁽¹⁾。

本報告では、電極 (基板) に入射するイオン種の同定およびエネルギー分布を理解することを目的とし、DLC 成膜用容量結合型 RF 炭化水素プラズマの特性を四重極質量分析装置およびラングミュアプローブ装置で調査を行ったので報告する。

2. 実験装置・方法

図 1 に実験装置の概略図を示す。実験容器 (高さ 30.0 cm, 直径 25.0 cm) のステンレス製の円筒内に、直径 15.0 cm の二枚の金属製の平板電極が平行に配置されている。

実験条件は、Ar (99%) で希釈された CH₄ (1%) の混合ガスを容器内に 1 sccm 導入させ、容器圧力を 1.3 Pa, 電極間距離 5.6 cm を保持した。その後、入力電力を 50 から 200 W まで印加して炭化水素プラズマを生成した。接地電極の中央にオリフィス (100 μm) があり、そこに入射する炭化水素イオン種とラジカル種の測定を四重極質量分析装置 (HIDEN ANALYTICAL 社製 EQP-300) により行った。入射したイオン種は質量電荷比 (m/z) により四重極分析部にて選別し、その検出量を測定する。さらに入射イオンエネルギーを増加させるため、接地電極側に DC 電源装置 (NSIC 社製 SLG-300-10.6-P8PR8) を使用した。また、本プラズマに対し、ラングミュアプローブ装置 (HIDEN ANALYTICAL 社製 ESPION) を用いて電子温度、電子・正イオン密度の測定を行った。その際、ラングミュアプローブ装置で測定した位置は、電極間距離の中央と設定した。

3. 結果と考察

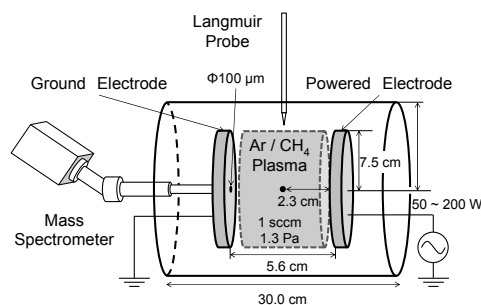


図 1 実験装置概略図

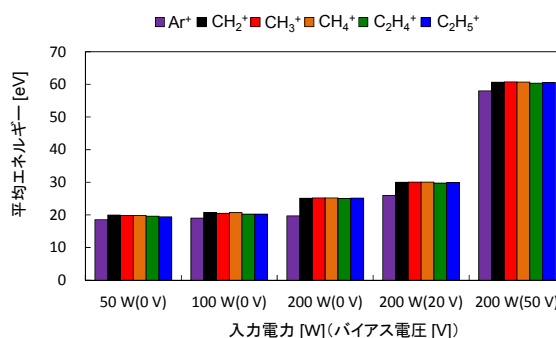


図 2 各イオンの平均エネルギーの入力電力依存性

図 2 に、四重極質量分析装置で測定した Ar/CH₄ (1%) プラズマ中の接地電極 (オリフィス 100 μm) に入射する各イオン種の平均エネルギーの入力電力依存性を示す。本プラズマ中では多く検出されたのは Ar⁺, C₂H₅⁺ であり、続いて、C₂H₄⁺, CH₃⁺ が検出された。炭化水素イオンで最も多かった C₂H₅⁺ は、電荷交換による衝突 (CH₃ + CH₄⁺ → C₂H₅⁺ + H₂) などが増加したためだと考えられる。入力電力を増加すると、各イオン種の平均エネルギーも増加する傾向がある。しかし、200 W 時で 25 eV 周辺となり、DLC 成膜においては低エネルギーである⁽²⁾。バイアス電圧を 50 V まで印加すると、各平均エネルギーは約 3 倍に増加し、成膜時に必要とするエネルギーを得られた。

なお、ガス圧力依存性や、ラングミュアプローブ装置で測定した結果などの詳細は、当日に報告する。

文献

- 1) 深井駿, 大野裕也, 小田昭紀: 「四重極質量分析法によるダイヤモンドライクカーボン成膜用炭化水素プラズマの診断」, プラズマ/パルスパワー/放電研究会, PST-16-082/PPT-16-062/ED-16-178 (佐賀大学) (2016.10)
- 2) Kousaka Hiroyuki: "2. Frontier of the Research in Diamond-Like Carbon Coating Processes", J. Plasma Fusion Res, Vol.90, No.1 pp.76-83 (2014)