

# 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 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<sup>1</sup>、小田 昭紀<sup>1</sup>、上坂 裕之<sup>2</sup>、太田 貴之<sup>3</sup> (1.千葉工大、2.名大機械、3.名城大理工)

○Shun Fukai<sup>1</sup>, Akinori Oda<sup>1</sup>, Hiroyuki Kousaka<sup>2</sup>, Takayuki Ohta<sup>3</sup>

(1.Chiba Inst. Technol., 2.Nagoya Univ., 3.Meijo Univ.)

E-mail: akinori.oda@it-chiba.ac.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、自動車部品等コーティング技術として様々な分野で利用されている。DLC 成膜方法には、イオン化蒸着法、スパッタ法、プラズマ CVD 法などがあるが、特にプラズマ CVD 法は低温で原料ガスを効率よく分解可能であるため機能性薄膜創製技術としてよく利用される。その際、成膜用プラズマと成膜品質との関係には未解明な部分が多い状況である<sup>(1)</sup>。そのため、DLC 成膜源である炭化水素プラズマ中の諸特性の理解が非常に重要である。

本報告では、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測定したので、その結果を報告する。

### 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 cm, 直径 25 cm のステンレス製の円筒) 内に、直径 15 cm の二枚の金属平板電極が平行に配置されている。

実験条件は、Ar (99%)/CH<sub>4</sub> (1%) 混合ガスを容器内に流量 20 sccm で導入し、容器圧力を 40 Pa を保持する。その後、電極間距離を 2 から 5 cm まで変化させ、電力密度 (0.113 Wcm<sup>-3</sup>) を保持した上で高周波電力を印加して炭化水素プラズマを生成した。本プラズマ中に存在する炭化水素イオン種の測定は、四重極質量分析装置 (HIDEN ANARYTICAL 社製 EQP-300) により行った。それに加え、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、 $z$  方向は電極間距離の中央、 $r$  方向は電極の中心部 7.5 cm と設定した。

### 3. 結果と考察

図 2 に四重極質量分析装置で測定した電極間距離 2.0 cm 時の Ar/CH<sub>4</sub> (1%) プラズマの質量スペクトルを示す。本図より、本プラズマ中では Ar<sup>+</sup> ( $m/z = 40$ )、ArH<sup>+</sup> ( $m/z = 41$ ) であり、続いて CH<sub>3</sub><sup>+</sup> ( $m/z = 15$ )、Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> ( $m/z = 80$ )、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup> ( $m/z = 26$ ) が検出された。ピークが検出された CH<sub>3</sub><sup>+</sup> は電子との衝突 (CH<sub>4</sub> + e → CH<sub>3</sub> + H + e) に

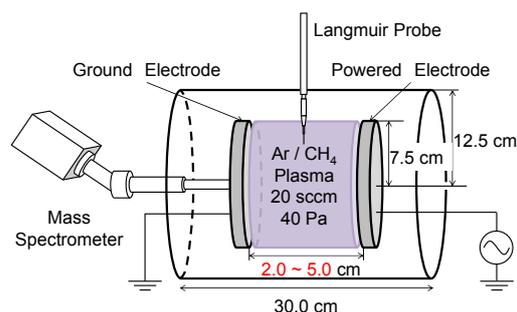


図 1. 実験装置概略図。

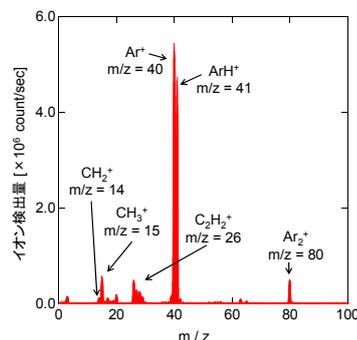


図 2. Ar/CH<sub>4</sub> (1%) プラズマ中の質量スペクトル。

よって生成される。C<sub>2</sub>H<sub>2</sub><sup>+</sup> は Ar/CH<sub>4</sub> プラズマ中の中性粒子同士の衝突 (CH<sub>2</sub> + CH<sub>2</sub> → C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>) によって生成される。その際、CH<sub>2</sub> は電子との衝突 (CH<sub>4</sub> + e → CH<sub>2</sub> + 2H + e) で生成されたと考えられる。CH<sub>2</sub><sup>+</sup> ( $m/z = 14$ ) は本図でも微量ながらも検出されている。ラングミュアプローブの測定結果等の詳細は当日に報告する。

### 謝辞

本研究遂行にあたり JSPS 科研費 (No. 26420247) および NEDO 平成 23 年度先導的産業技術創出事業 (No. 1106004d) の補助を受けた。ここに謝意を表す。

### 文献

- (1) 斎藤秀俊監修：“DLC 膜ハンドブック”，NTS, p.56 (2006)
- (2) 平岡賢三：“基礎から学ぶマスマスペクトロメトリー／質量分析の源流 第 7 回 気相イオン分子反応”，Vol.58, No.3 (2010)