# 低圧 RF 容量結合型炭化水素プラズマによる DLC 膜堆積モデルの構築

Development of Deposition Model of DLC Film

using Low-Pressure Capacitively-coupled Hydrocarbon Plasma

千葉工業大学<sup>1</sup>,名城大学<sup>2</sup>,岐阜大学<sup>3</sup>

°(M1)小川 慎<sup>1</sup>, 小田 昭紀<sup>1</sup>, 太田 貴之<sup>2</sup>, 上坂 裕之<sup>3</sup>

Chiba Institute of Technology<sup>1</sup>, Meijo University<sup>2</sup>, Gifu University<sup>3</sup>

<sup>o</sup>Shin Ogawa<sup>1</sup>, Akinori Oda<sup>1</sup>, Takayuki Ohta<sup>2</sup>, Hiroyuki Kousaka<sup>3</sup>

E-mail: s1422073vg@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) 膜は機械部品のしゅう動部の摩擦特性改善 やドリル先端部の高硬度化など,成膜条件によって 様々な特性が得られる特徴がある.DLC 成膜手法の1 つ容量結合型プラズマによるプラズマ支援化学気相成 長 (Plasma Enhunced Chemical Vapor Deposition 以下 PECVD) 法は DLC 膜の平滑性,付き回り性の高さか ら産業応用が進められてきた.一方で DLC 成膜の制 御法はトライ&エラーが主流であり,プラズマ外部パ ラメータと DLC 成膜との相関関係の知見が少ない<sup>[1]</sup>.

本稿ではDLC成膜の制御技術向上のためPECVDに よる DLC 膜堆積モデルを構築し、堆積速度と水素含 有率の計算を行ったのでその結果を報告する.

## 2. PECVD による DLC 膜堆積のモデリング

本稿で用いたプラズマ CVD モデルはプラズマと DLC 膜堆積の2つのモデルで構成した. プラズマモデ ルは過去に構築したものを使用した<sup>[2]</sup>.

Fig.1 に本研究で用いた DLC 成膜モデルの概略図を 示す.本モデルでは成膜を巨視的な視点で捉えること で膜厚や粒子含有率の計算が可能な現象論的モデルを 用いた<sup>[3]</sup>.膜の堆積は Fig.2 に示すように気相中の粒子 と膜表面の粒子との反応による粒子の吸着や脱離によ って進行する.気相中から膜表面に飛来する粒子はプ ラズマシミュレーションから得られた電極近傍での粒 子フラックスの値を用いた.DLC 膜厚は堆積した炭素 の粒子数密度と DLC の格子間距離,水素含有率は膜 中の炭素と水素の数密度から計算を行った.

#### 3. 結果および考察

Fig.3 に電極間距離 2.54 cm, 電力 1.0 Wcm<sup>-3</sup>, ガス圧力 1.0 Torr, ガス流量 100 sccm, CH4 混合比 10~50%にお ける DLC 膜堆積速度の CH4 ガス混合比依存性を示す. CH4 混合比が増加に伴い DLC 膜堆積速度の低下が見 られるが,これは Ar ガス混合比の増加によって Ar<sup>+</sup>の 粒子フラックスが増加し, DLC 膜表面の水素をスパッ タすることで炭化水素ラジカルが付着するためのダン グリングボンド形成反応が促進されたためである.そ の他,結果の詳細は発表当日に報告する.



Fig.1 Schematic diagram of phenomenological DLC deposition model



Fig.2 DLC deposition mechanisms by plasma enhunced CVD



Fig.3 Gas mixing ratio dependence of DLC deposition rate

#### 謝辞

本研究は、日本学術振興会・科学研究補助金 (16H04256)の支援を受けて行われた.ここに謝意を 表す.

ليم I	
1	22.1
x.	ITIA
~	114/ 1

- M. Hiratsuka, A. Tanaka, "Coating Technology of High-Performance DLC Films and Industrial Application", *J. Vac. Soc. Jpn.*, Vol. 58, No. 6 (2015)
- [2] 小川他、「DLC 成膜用炭化水素プラズマの計算機シミュレーションと質量分析による測定」、平成 30 年 電気学会全国大会、1407-A2 1-070 (2018)
- [3] T. I. Farouk, "Modeling and Simulations of DC and RF Atmospheric Pressure Non-thermal Micro Plasma Discharges: Analysis and Applications", PhD Thesis, Drexel University (2009)