

# 高繰り返しナノ秒パルスグロー放電を用いた ダイヤモンドライクカーボンの高速成膜技術

～高速・低コストで高機能性付与を目指して～

工学研究科 電気物性工学専攻

◎M2 みね たくま 峯 卓馬、教授 きくちゆうすけ 菊池祐介

## キーワード

準大気圧プラズマ, 高繰り返しナノ秒パルス放電, ダイヤモンドライクカーボン (DLC), 材料表面改質

## 研究概要

ダイヤモンドライクカーボン (DLC) は高硬度, 低摩擦性などの優れた特性を活かして, 様々な分野で産業応用されています。DLC 成膜法の 1 つにプラズマを用いた方法があります。プラズマ中の高いエネルギーを持った電子によりメタン等の炭化水素ガスを分解し, 対象物に炭素もしくは炭化水素イオンを十分なエネルギーで照射すると硬い DLC 膜ができることが知られています。DLC の課題の 1 つとして, 成膜速度が遅く, 結果としてコストが高くなることが挙げられます。成膜速度の向上にはプラズマ密度を高くすることが必要です。プラズマの燃料になるのは中性ガスですから, 高い中性ガス圧力下での高密度プラズマを DLC 成膜に適用することが期待されてきました。一方, 中性ガス圧力が高くなるとともにイオン-中性粒子間の衝突頻度が増えますので, 前述した基材へのイオンの入射エネルギーは低くなります。そのため大気圧下では高硬度の DLC 膜を得るのは困難でした。そこで我々は中性ガス圧力を大気圧からやや減圧した準大気圧 (もしくは中気圧) とすることで, 十分な入射イオンエネルギーと高いプラズマ密度を両立するプラズマ生成技術に注目しています。図 1 にこれまでに得られた, DLC の硬度と成膜レートの結果を示します。ここで, プラズマ生成用のパルス電源の繰り返し周波数を横軸にとっており, 高周波化することで硬度約 15 GPa, 成膜レート 0.27  $\mu\text{m}/\text{min}$  (従来技術の約 20 倍) を実現しています。

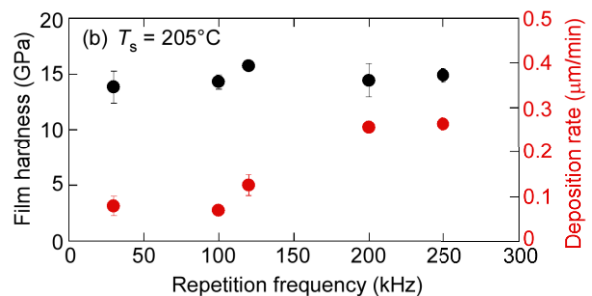


図 1 DLC 膜の硬度と成膜レート(水素・メタン混合プラズマ, 基板温度:205 °C)

## アピールポイント

高い中性ガス圧力下でのプラズマ生成にはパルス電源が重要となります。プラズマがついてから数マイクロ秒で電子・イオン・中性粒子の温度が等しい熱平衡プラズマ (高温プラズマ) となるため, プラズマのオン・オフを繰り返すことで低温プラズマを作っています。最近の産業界では省エネ技術として次世代パワー半導体 (SiC や GaN) を用いたインバータ電源が注目されていますが, 本研究では高繰り返しナノ秒パルス電源でプラズマ生成を行っていることも特徴です。DLC 成膜以外の表面改質 (窒化や繊維状ナノ構造金属等) も行っています。

研究室 HP : <https://www.eng.u-hyogo.ac.jp/faculty/ykikuchi/index.html>