

ユニポーラダブルパルス印加大電力パルススパッタを用いた DLC 成膜 Deposition of diamond-like carbon film by high power pulsed magnetron sputtering using unipolar double pulses

名城大理工¹, 千葉工大², 岐阜大工³

○太田 貴之¹, 國枝 滉¹, 小田 昭紀², 上坂 裕之³

Meijo Univ.¹, Chiba Inst. Technol.², Gifu Univ.³

°Takayuki Ohta¹, Hiro Kunieda¹, Akinori Oda², Hiroyuki Kousaka³

E-mail: tohta@meijo-u.ac.jp

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜は、半導体デバイス製造時のプラズマエッチングに対するハードマスク、自動車用摺動部品（ピストンリングやギア等）、ドリル等のハードコーティング材料として用いられている。更なる摺動性の向上（低摩擦化）を目指して、我々は大電力パルススパッタリング(HPPMS)法を用いることにより DLC 膜の高硬度（高膜密度）化及び平滑性向上を進めており、その成膜メカニズムやトライボロジー特性に関して報告してきた[1][2]。近年、高硬度 DLC に資するスパッタ粒子のイオン化促進手法として複数の高電力パルスをターゲットに印加する HPPMS が注目されている。特に、バイポーラダブルパルス（負と正のパルス高電圧をターゲットに印加）が着目されており、基板へのイオンフラックス増大とイオンエネルギーを制御することができるが、DLC 成膜においては大幅な硬度向上効果は報告されておらず、また成膜速度も減少するという問題がある。本研究では、高硬度化かつ高成膜速度の実現を目的に、ユニポーラダブルパルス（2つの負のパルス高電圧を印加）による DLC 成膜を行い、質量分析で計測した基板入射イオンの挙動と DLC 膜質の関係を明らかにする。

成膜条件は、Ar ガス流量 5sccm、プロセス圧力 0.5Pa、基板とターゲット間の距離は 80mm とした。また、2 インチのカーボンターゲットに、周波数 400Hz の大電力パルスを印加した。

図 1 と図 2 に、それぞれターゲット電圧波形とターゲット電流波形を示す。1st 及び 2nd パルスのターゲット電圧はともに -990V とした。また、1st 及び 2nd パルスのパルス幅をそれぞれ 25 μ s 及び 10 μ s、パルス間隔を 20 μ s とした。1st パルスのターゲット電流は時間とともに指数関数的に増加したが、2nd パルスは電圧印加のタイミングと同時に急峻に立ち上がった。これは 1st パルスで生成された電子の残留効果であると考えられる。図 3 に基板位置で時間平均測定した炭素イオンのエネルギー分布を示す。8eV 付近の低エネルギーと 20eV 以上の高エネルギー炭素イオンの増加が顕著であり、ユニポーラダブルパルスにより、イオンエネルギー分布が変化していることが明らかになった。当日の講演では、ラマン分光等を用いた DLC 膜構造解析の結果も示し、1st と 2nd のパルス間隔がイオンの挙動や膜構造に与える効果に関して議論する予定である。

本研究の一部は JSPS 科研費 22K03590 の助成を受けた。

[1] K. Iga et al., Thin Solid Films, 672, 104 - 108 (2019).

[2] 太田他, 表面技術, 73, 47 - 52 (2022).

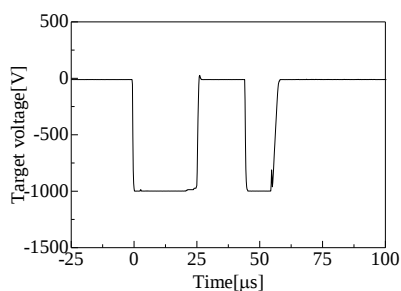


Fig.1. Target voltage waveform.

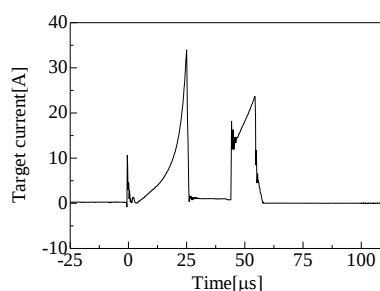


Fig.2. Target current waveform.

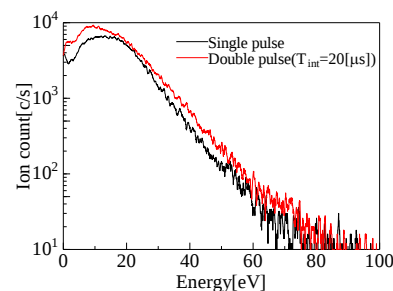


Fig.3. Energy distribution of carbon ion.