

シリコンおよび窒素添加ダイヤモンドライクカーボン膜特性への酸素添加効果

Effects of Oxygen Doping on the Properties of Diamond-Like Carbon Films Doped with Silicon and Nitrogen

弘前大院理工 [○]山崎 雄也, 鈴木 裕史, 小林 康之, 中澤 日出樹

Hirosaki Univ., [○]Y. Yamazaki, Y. Suzuki, Y. Kobayashi, H. Nakazawa *

*E-mail: hnaka@hirosaki-u.ac.jp

1. はじめに

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、低摩擦係数、高耐摩耗性、高硬度、表面平滑性などの優れた特性を有するため、各種基材へのコーティングが行われている。以前われわれは、Si および N を共添加した DLC(Si-N-DLC)が Si 添加 DLC(Si-DLC)と比べて優れたトライボロジー特性および機械的特性を示すことを見出した[1]。しかし、生体医療機器への実用可能な DLC コーティングのためには、さらなるトライボロジー特性および機械的特性の向上が必要であり、また多接合型太陽電池への応用に際しては光学特性の制御が求められる。Si および O を共添加した DLC(Si-O-DLC)は Si-DLC より低い摩擦係数を示し、また無添加 DLC と比較して可視域における光吸収が小さいことが報告されている[2,3]。以上のことから、Si-N-DLC への O 添加によって、更なるトライボロジー特性の向上や、幅広いバンドギャップ制御が期待できる。本研究では、高周波プラズマ化学気相成長法により Si-N-O-DLC 膜を作製し、作製時の CO₂ 流量比[CO₂/(CO₂+CH₄)]が Si-N-O-DLC の膜特性に及ぼす影響について調べた。

2. 実験方法

高周波(13.56 MHz)プラズマ化学気相成長法を用いて Si-N-O-DLC を成膜した。真空チャンバー内のベース圧力は 8.0×10^{-5} Pa であった。基板には Si ウェハ、GaAs ウェハおよび石英プレートをを用いた。原料ガスとして、CH₄、モノメチルシラン(MMS; CH₃SiH₃)、N₂、および CO₂ を使用し、希釈ガスとして Ar を用いた。成膜時のガス総流量は 44 sccm とした。N₂ 流量 4.4 sccm、MMS 流量 0.5 sccm、Ar 流量 22 sccm と固定し、CO₂ 流量比[CO₂/(CO₂+CH₄)]を 0% から 20.5% までの範囲で変化させた。膜厚が 300 nm となるように成膜時間を設定した。

3. 結果と考察

EPMA による組成分析を行った。CO₂ 流量比の増加に伴い C 組成は 83.6 から 66.0 at.% に減少し、N 組成は 2.2 から 7.7 at.%、Si 組成は 14.1 から 16.7 at.%、O 組成は 0 から 11.1 at.% まで増加した。

図 1 に各 CO₂ 流量比で作製した Si-N-O-DLC のラマンスペクトルを示す。ラマンスペクトル解析の結果、CO₂ 流量比の増加に伴い G ピーク位置がわずかに高波数側にシフトし、G ピークに対する D ピークの強度比(I_D/I_G)が増加した。これは CO₂ 流量比の増加により sp² 炭素クラスターのサイズおよび数が増加していることを示す。

スクラッチ試験によって得られた臨界荷重は、CO₂ 流量比の増加に伴い増加した。また臨界荷重と内部圧縮応力は負の相関関係をもつことがわかった。ラマンスペクトル解析の結果から、sp² 結合の増加が示唆されており、sp³ 結合から構成される硬い 3 次元ネットワークの歪が緩和されたことが考えられる。摩擦係数は CO₂ 導入により 0.05 以下に減少した。これは膜中に O を含んでいるため、相手材のステンレスボール表面に Si 酸化物の移着層が形成されやすくなったことが考えられる。また比摩耗量は、CO₂ 流量比の増加に伴い減少した後、徐々に増加した。この挙動は膜の摩擦係数および硬度に関係していると考えられる。摩擦係数の減少は凝着の抑制を示唆し、凝着摩耗が減少したことが考えられる。一方、高い CO₂ 流量比において Si および O 含有量が増加したことから、これにより膜硬度が減少したことが考えられる。

参考文献

- [1] H. Nakazawa, S. Okuno, K. Magara, K. Nakamura, S. Miura, and Y. Enta, Jpn. J. Appl. Phys. 55, 125501, (2016).
- [2] M. Evaristo, R. Azevedo, C. Palacio, and A. Cavaleiro, Diam. Relat. Mater. 70, 201, (2016).
- [3] D. Franta, I. Ohlídal, V. Buršíková, and L. Zajíčková, Diam. Relat. Mater. 12, 1532, (2003).

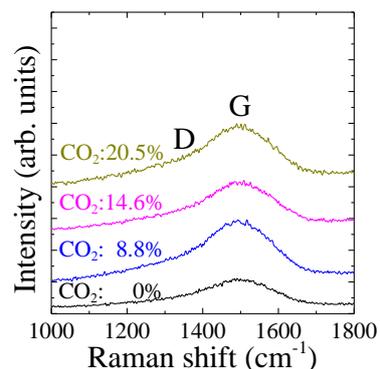


Fig. 1 Raman spectra of Si-N-O-DLC films deposited at various CO₂ flow ratios.