

ダイヤモンドライクカーボン薄膜の耐熱性向上に関する分光学的解析

Spectroscopic Analysis of Enhancement of Thermal Stability of Diamondlike Carbon Films

東北大・通研¹, 広島大・先端研² ○鷹林 将^{1,2}, 高萩 隆行²RIEC, Tohoku Univ.¹, AdSM, Hiroshima Univ.² ○Susumu Takabayashi^{1,2}, Takayuki Takahagi²

E-mail: stak@riec.tohoku.ac.jp

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)は, sp^2 炭素・ sp^3 炭素・水素から構成されるアモルファス炭素材料であり, 平滑性, 耐摩耗性, 導電性から絶縁性までの幅広い電気特性などの特異物性を示すことから, 幅広く応用が期待されている. 固体潤滑やデバイス誘電膜などの工業応用を踏まえると, 同膜の耐熱性は重要な設計要素となる.¹ 著者らはこれまで, 光電子分光法を主に用いて DLC 薄膜の化学構造解析を行ってきた.² DLC の耐熱性は膜中水素の熱脱離に因ることを示した. 今回は, 膜中水素量の異なる DLC 薄膜を種々の分光法を用いて調べることで, 薄膜の成膜条件と耐熱性との関係を考察した.

DLC 薄膜は, 非平衡マグネトロンスパッタリング(UBMS)法を用いて成膜した. グラファイトをターゲットとし, 雰囲気アルゴン(Ar)に対するメタン(CH_4)比量を変えて, 水素量の異なる DLC 薄膜を得た. 光電子分光は, 広島大学 放射光科学研究センター ビームライン(HiSOR)BL-1で行った. DLC 薄膜を超高真空中任意の温度で30分間アニール後, 室温で C 1s スペクトルを測定した. 得られたスペクトルは, C-C sp^3 , C-C sp^2 , C-H sp^2 , C-H sp^3 , および酸素官能基成分に分割した. 別途, 昇温脱離法(TDS)によって, 水素(H_2)およびメチル基(CH_3)の熱脱離挙動も調べた.

図 1(a)に, 種々の CH_4/Ar 比雰囲気下で得た DLC 薄膜の電気抵抗率のアニール温度依存性を示す. 比が大きいほど値は大きくなったものの, いずれの試料もアニール温度を上げるとともに減少していった. 同(b-1), (c-1)にはそれぞれ, CH_4/Ar 比 0.06 および 0.12 で成膜した DLC 薄膜の光電子分光解析結果を示す. いずれの試料とも 450–600 °C 間で C-H sp^2 成分面積の急激な変化が生じ, 比の大きい(c-1)の方の減少が顕著になった. (b-2), (c-2)には, それぞれの試料の TDS スペクトルを示す. ピークの立ち上がりから, H_2 および CH_3 の熱脱離は上記温度帯で生じていることがわかる. ただし, いずれの試料においても H_2 熱脱離は 2 つのピークないし肩を示し, 高温側のピークは, CH_4/Ar 比が大きい方がより高くなった.

炭素-水素結合の結合解離エネルギーは, 共鳴安定化している芳香環の方が脂肪鎖よりも大きい.³ 脂肪鎖は鎖長が長いほど, また級数が多いほど切れやすい. 一方で CH_4/Ar 比が大きいほど DLC 膜の電気抵抗率は高くなった. 系中へのメタン導入によって, 環状化すなわちグラファイトクラスター化が促進されたものと考えられる. 一方で膜電気抵抗率が高くなったことから, クラスター成長は促進されつつも, 個々のクラスターは十分に分離されているものと考えられる.

本研究の一部は, JSPS 科研費 若手研究(A) No. 26709017 の助成を受けた.

参考文献 1. M. Sato et al., *Microelectron. Eng.* **112**, 110 (2013); 2. 鷹林, 高萩, *J. Surf. Anal.* **20**, 25 (2013); 3. D. F. McMillen, D. M. Golden, *Annu. Rev. Phys. Chem.* **33**, 493 (1982).

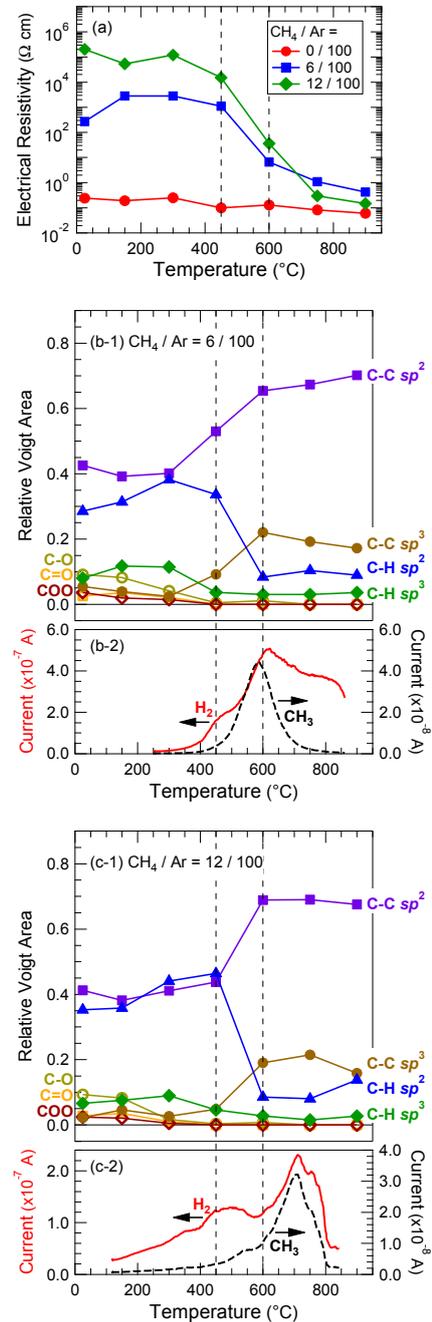


図 1. (a) 種々の CH_4/Ar 比雰囲気下で成膜した DLC 薄膜の電気抵抗率のアニール温度依存性. 比 0.06 および 0.12 で成膜した薄膜の光電子分光解析結果 ((b-1)および(c-1)), ならびに TDS スペクトル((b-2)および(c-2)).