

光電子制御プラズマにより成膜したダイヤモンドライクカーボンの応力制御

有明工業高等専門学校 創造工学科 エネルギーコース 鷹林 将

田辺工業株式会社 渡辺 貴之 森田 勇介

株式会社旭製作所 山下 勇生

Susumu Takabayashi (National Institute of Technology, Ariake College)

Yusuke Morita, Takayuki Watanabe (Tanabe Engineering Corporation)

Yuki Yamashita (Asahi Glassplant Inc.)

1. はじめに

sp^2 炭素、 sp^3 炭素、および水素の三成分から成るアモルファス炭素材料であるダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、表面平滑性、低摩擦性、および化学不活性などの特長により、金型、ドリル、ならびにハードディスク表面などへの固体潤滑膜(トライボロジー)、ステントや歯科インプラントなど生体内医療材料への表面コーティングに幅広く応用されている。このような用途における開発課題の一つに、DLC膜が基材にもたらす応力がある。立体構造の異なる sp^2 炭素と sp^3 炭素を共に含む物質のため、DLC は基材に応力をもたらすと考えられる。応力は膜の基材との密着性や剥離、成膜後基材の寸法などに対して影響を及ぼすため、その制御が望まれている。

我々はこれまで光電子制御プラズマ CVD (PA-PECVD)法を用いて DLC 成膜を行ってきた。PA-PECVDでは、負にDCバイアスされた基板に真空紫外光(VUV)を照射して、光電効果により発生する光電子を初期電子として用いることでプラズマを発生させる。

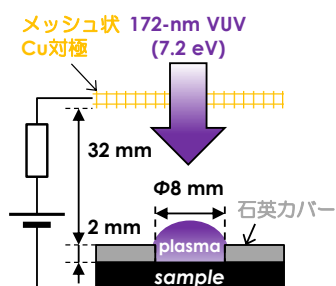


図 1. 光電子制御プラズマの模式図。

図 1 にその模式図を示す。サンプル基板カソードに対して、アノードはメッシュ状の銅電極である。アノード上方に波長 172 nm (7.2 eV) の Xe エキシマーランプを配置し、アノードメッシュを通してカソードへ VUV 光を照射している。基板に規定面積の窓を開けた石英カバーを被せることで電極面積を幾何学的に定めている。開窓部(ここでは $\phi 8$ mm)以外で反応は生じない。多量の光電子はプラズマ発生始電圧を低く安定化させ、かつ発生面積を光照射部位に限定できる。ゆえに PA-PECVD を用いることで、プラズマによる気相化学反応を精密に制御できるこ

とが期待される。我々は、PA-PECVD を用いて、DLC 膜がもたらす応力の制御を試みた。

2. 実験

DLC 成膜は n -Si(100)上に、定電流条件下で放電形態を一定に行った。 $CH_4/Ar = 20/100$ sccm の雰囲気中で、全圧 300 Pa、基板温度 150 °Cとした。

3. 結果と考察

図 2 に、設定定電流値を変えて成膜した DLC 膜の表面プロファイルを示す。(a) 100 μ A/ $\phi 8$ mm では、上向きの圧縮応力が観測された。ところが図(b)で設定電流を 150 μ A/ $\phi 8$ mm に上げると、下向きの引張応力に変化した。放電形態を変えることで、DLC がもたらす応力は圧縮と引張両方を取り得ることが分かった。放電形態、DLC 化学構造、もたらす応力の三者関係を詰めていくことで、DLC の応力制御が期待できる。



図 2. (a) 100 μ A/ $\phi 8$ mm および(b) 150 μ A/ $\phi 8$ mm の電流密度で n -Si(100)基板上に成膜した DLC 膜の表面プロファイル。

参考文献

T. Takami et al., e-J. Surf. Sci. Nanotech. 7, 882 (2009); 鷹林, 高桑, 炭素 293, 80 (2020); 鷹林, 高桑, 表面と真空 67, 59 (2024).

謝辞

本研究は、有明広域産業技術振興会地場産業振興支援研究によりご支援をいただきました。ここに記し心から御礼申し上げます。