

基板バイアスが Si および N 共添加 DLC 膜特性に及ぼす影響

Influence of substrate bias voltage on properties of Si and N co-doped DLC films

弘前大院理工 ○真柄晃平, 奥野さおり, 大西悠介, 中澤日出樹

Hirosaki Univ. ○Kouhei Magara, Saori Okuno, Yusuke Onishi, Hideki Nakazawa

E-mail:12gs514@stu.hirosaki-u.ac.jp

最近われわれは、高周波プラズマ CVD 法を用いて Si および N 共添加 DLC (Si-N-DLC) 膜を作製し、Si 添加 DLC (Si-DLC) 膜と比べて内部応力が低減することや、Si-DLC 膜と同程度の低摩擦係数を示しながらも耐摩耗性が向上することを示した[1]。すなわち、Si および N 共添加により、Si-DLC および N 添加 DLC (N-DLC) の欠点を相互に補い、両者の利点を兼ね備えた DLC の作製に成功した。また、直流基板バイアスの代わりにパルスバイアスを採用することで、微粒子の抑制や、内部応力の低減およびトライボロジー特性の更なる向上が示された[2]。しかしながら、Si-N-DLC 膜特性のパルスバイアス電圧依存性に関する詳細な検討はこれまで行われていない。バイアス電圧は DLC 膜特性を決定する最も基本的なパラメータの一つであることから、本研究では、パルスバイアス電圧の変化による Si-N-DLC 膜特性の変化を調べた。具体的には、Si および N 源としてヘキサメチルジシラザン ($((\text{CH}_3)_3\text{Si})_2\text{NH}$; HMDS) を用いた高周波プラズマ CVD 法により作製した Si-N-DLC 膜の構造、機械的特性およびトライボロジー特性を詳細に調べた。

成膜には到達真空度 8.0×10^{-5} Pa の RF (13.56 MHz) プラズマ CVD 装置を用いた。基板には Si(100) ウェハを用いた。C 源として CH_4 を 21.5 sccm、Si、N 源として HMDS を 0.5 sccm、希釈ガスとして Ar を 22 sccm で成膜を行った。成膜圧力は 0.3 Pa、RF 出力は 40 W、基板にはパルスバイアス (電圧: -300 ~ -1000 V、周波数: 20 kHz、デューティー比: 25%) を印加した。

基板バイアス電圧を -500、-1000 V と印加したときの Si-DLC 膜と Si-N-DLC 膜の内部応力を比較した。基板バイアス -500 V で Si-DLC 膜は Si 含有量の増加に伴い内部応力が減少するが、Si-N-DLC 膜の方が内部応力はより小さくなることがわかった。また基板バイアスを -1000 V に増加させることで、Si-N-DLC 膜の内部応力は大きく減少した。そこでバイアス電圧を詳細に変化させたときの Si-N-DLC 膜の機械的特性およびトライボロジー特性の変化を調べることにした。

バイアス電圧の増加に伴い Si 組成と N 組成は減少した。バイアス電圧が増加すると共に内部応力が減少した。またラマン分光測定により、基板バイアスの増加に伴い sp^2 炭素のクラスターリングが促進されることがわかった。したがって、バイアス電圧の増加に伴いイオン種による膜表面への衝撃が強くなり、熱効果が増大して内部応力が減少したと考えられる。トライボロジー特性は相手材に直径 10 mm の SUS304 ボールを用いた往復動摩擦摩耗試験を行うことで評価した。バイアス電圧の増加による摩擦係数の変化は小さかったが、比摩耗量は減少することがわかった。比摩耗量の減少は、バイアス電圧の増加に伴い加速されたイオン種による膜中水素のスパッタリングが促進され水素含有量が減少し、膜硬度が増加したことが原因として考えられる。

[1] H. Nakazawa, S. Miura, R. Kamata, S. Okuno, Y. Enta, M. Suemitsu, T. Abe, Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 015603.

[2] H. Nakazawa, S. Miura, R. Kamata, S. Okuno, M. Suemitsu, T. Abe, Appl. Surf. Sci. 264 (2013) 625.