

다이아몬드상 카본박막의 열처리 온도에 따른 Friction Force Microscopy 분석에 관한 연구

최원석, 조윤희, 박용섭, 전영숙, 허진희, 정일섭, 홍병유
 성균관대학교 정보통신공학부

Study on the Friction Force Microscopy Analysis of Diamond-like Carbon Films according to the Annealing Temperature

W.S. Choi, Y. Cho, Y.S. Park, Y. Jeon, J. Heo, I. Chung, B. Hong
 School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract : 본 연구에서는 RF 플라즈마 화학기상증착 장비를 사용하여 동일조건에서 합성된 100 nm 두께의 DLC박막을 RTA 장비를 사용하여 N₂ 분위기로 여러 가지 온도에서 (300~900 °C) 후열처리된 DLC 박막들의 마찰특성 변화를 AFM (Atomic Force Microscopy)의 FFM (Friction Force Microscopy) 모드를 사용하여 관찰하였다.

Key Words : Diamond-like Carbon; PECVD; Friction Force Microscopy.

1. 서 론

다이아몬드상 카본박막 (Diamond-like Carbon)은 다이아몬드와 유사한 높은 경도, 내마모성, 윤활성, 전기절연성, 화학적 안정성 그리고 광학적 특성을 가지고 있는 재료로써 FED [1], solid state devices [2], 자기 기억 매체나 MEMS [3], 바이오 [4] 등 여러 분야에 응용되어지고 있다. 이러한 응용에 있어서 국부적인 열화에 대한 안정된 동작이 요구되어 진다. 하지만 DLC 박막은 높은 잔류응력과 고온에서 열화되는 등의 단점을 가지고 있다 [5]. 본 논문에서는 합성된 DLC 박막을 여러 가지 온도에서 열처리 하여 열처리 온도에 따른 나노 트라이볼로지 특성을 FFM 장비를 사용하여 분석하였다.

2. 실험

본 실험에서 DLC 박막은 RF-PECVD법을 사용하여 증착하였다. 합성에 사용된 실험조건은 다음 표에 정리하였다. 합성된 DLC 박막은 RTA장비를 사용하여 N₂ 분위기에서 여러 가지 온도 (300~900 °C)로 열처리 후 AFM의 FFM 모드에서 friction force microscopy 분석을 수행하였다.

표 1. DLC 박막의 증착조건

Substrate	p-type Si(100)
Pre-treatment gas	H ₂ : 80 sccm
Deposition gas	CH ₄ : 20 sccm H ₂ : 80 sccm
Working pressure	1 Torr
RF power	150 W
Deposition time	5 min. 30 sec.
Substrate temperature	Room Temperature

3. 결과 및 고찰

그림 1은 300 °C에서 열처리된 DLC 박막의 마찰신호 (friction signals)를 보여주고 있다. FFM (Friction force microscopy) 측정시 인가된 힘은 4, 8, 12, 16, 20, 24 nN이다. 각각의 힘에서 얻어진 FFM 값을 식(1)에 대입하여 마찰력 (friction force, F_t)을 구할 수 있다 [6]. 그림 2는 열처리 온도에 따른 마찰력 (friction force)을 나타내고 있다.

$$F_t = \frac{0.4 \times \left(\frac{d}{L}\right) \times C_t \times FFM (mV)}{S_{df}} \dots\dots\dots(1)$$

여기에서, d 는 측정에 사용한 cantilever의 두께, L 은 cantilever의 팔 길이, cantilever의 탄성계수 C_t 는 483.3 N/m, 감도 S_{df} 는 40 mV/nm이다.

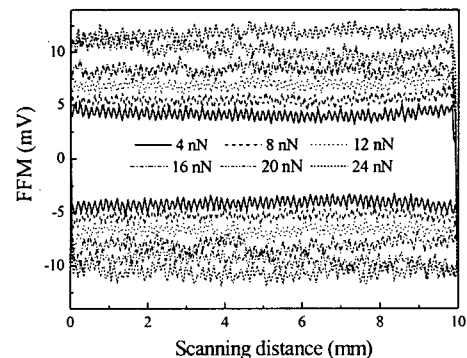


그림 1. 300 °C에서 열처리된 DLC 박막의 friction signals.

그림 2의 300 °C에서 열처리된 DLC 박막의 마찰력의 기울기가 0.48임을 알 수 있으며, 이 값이 박막의 마찰계수 (friction coefficient)이다.

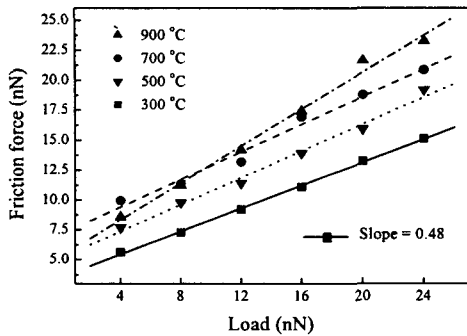


그림 2. 열처리 온도에 따른 DLC 박막의 Friction force

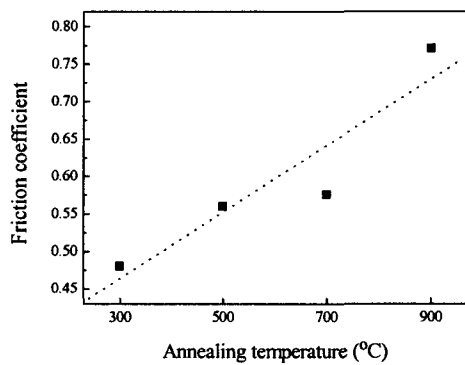


그림 3. 열처리 온도에 따른 DLC 박막의 friction coefficient.

열처리 온도에 따른 DLC 박막의 마찰계수를 그림 3에 정리하였다. 열처리 온도가 증가함에 따라 박막의 마찰계수가 증가함을 알 수 있다. 이는 열처리를 통하여 sp^2 cluster의 크기와 밀도 증가에 따른 박막의 흑연화에 의한 영향이다 [7].

4. 결 론

본 연구에서는 RF-PECVD 장비로 합성한 DLC 박막을 RTA 장비를 사용하여 300~900 °C에서 N_2 분위기로 열처리를 하였다. 열처리된 DLC 박막을 FFM으로 분석해 본 결과 열처리 온도가 증가함에 따라 sp^2 cluster의 밀도와 크기의 증가에 의한 영향으로 DLC 박막의 마찰계수가 증가함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] P. Stumm *et al.*, J. Appl. Phys. 81 (1997) 1289.
- [2] A. Grill, Thin Solid Films 355 (1999) 189.
- [3] B. Bhushan, Tribol. Int. 28 (1995) 85.
- [4] R. Hauert, Tribol. Int. 37 (2004) 991.
- [5] S. Anders *et al.*, Appl. Phys. Lett. 71 (1997) 3367.
- [6] SEIKO SPA400 FFM mode guide book.
- [7] J. W. Glesener *et al.*, Appl. Phys. Lett. 69 (1996) 785.