

**Q-15**

**R.F.-PACVD 방법으로 다이아몬드상 카본 보호막이 코팅된 자기 박막  
디스크의 CONTACT START-STOP 진행시 마찰 거동**

(주) 케이맥 안 회 석 \*  
한국 과학 기술 연구원 이 광 열, 신 경 호

**THE FRICTIONAL BEHAVIOR OF CARBON OVERCOATED MAGNETIC THIN FILM  
DISK BY R.F.-PACVD DURING CONTACT START-STOP OPERATION**

K-MAG Incorporated H. S. Ahn \*  
Korea institute of Science and Technology K.-R. Lee, K. H. Shin

**1. 서 론**

다이아몬드상 카본 보호막과 윤활층은 하드 디스크 드라이브 계면에서의 마모를 방지하고 디스크 수명을 늘리기 위하여 디스크 표면 위에 널리 응용되고 있다. 이때 CSS (Contact Start-Stop) cycle 횟수의 증가에 따른 카본 보호막의 마찰 거동은 계면 마모 및 디스크 수명에 직접적인 영향을 주므로 이에 대한 연구는 매우 필수적이다. 현재 스퍼터링 방법으로 디스크에 적용한 다이아몬드상 카본 보호막의 마찰 거동 및 카본 보호막의 구조나 기계적 성질과 마찰 거동과의 관계는 많이 연구되고 있으나 다른 합성 방법으로 디스크에 적용한 다이아몬드상 카본 보호막의 마찰 거동에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 하드 디스크용 Ni-P coated Al-Mg substrate 위에 4가지 다른 precursor gas를 사용한 r.f. glow discharge를 이용하여 다이아몬드상 카본 보호막을 합성한 후 CSS 진행시 마찰 거동을 조사하였다. 또한 마찰 거동에 미치는 카본 보호막의 구조나 기계적 성질 이외에 특히 윤활층과 카본 보호막의 결합 및 표면의 화학적 상태 변화를 분석하였다.

**2. 실험방법**

카본 보호막 합성시 precursor gas로는 벤젠, 메탄, 벤젠 + 질소, 벤젠 + 실레인 (SiH<sub>4</sub> diluted with 90%H<sub>2</sub>)을 사용하였으며, 진공 장비 내 압력과 바이어스 전압은 각각 10 mTorr와 -200 V로 고정시켰다. 보호막의 증착률은 ellipsometer를 이용하여 측정하였으며, 모든 시편에서 보호막의 두께는 150 Å으로 일정하게 하였다. CSS 실험을 위하여 보호막 위에 perfluoropolyther 계열인 Z-dol 2000을 이용하여 15 Å 두께의 윤활층을 입혔으며, 상대 헤드 슬라이더로는 3.5g 하중 (0.0343N)의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC 나노 슬라이더를 사용하였다. CSS 실험의 velocity profile은 1초간의 motor delay를 둔 후, 3초간의 가속, 최대 5400 rpm에서 3초간 fly, 4초간의 감속, 그리고 5초간의 rest time을 두어 16초간의 one cycle time을 두었으며, 모든 실험에서의 friction coefficient data는 상온의 대기 상태에서 10000 cycle씩 진행시킨 후 landing peak point에서의 landing peak friction force를 측정하여 구하였다.

**3. 실험결과 및 고찰**

그림 1은 4가지 다른 gas source를 사용하여 합성시킨 다이아몬드상 카본 보호막의 CSS cycle에 따른 마찰계수 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 4 종류 보호막은 서로 다른 마찰 거동을 보이고 있다. 벤젠으로 합성한 카본 보호막의 초기 마찰계수는 0.25로 메탄으로 합성한 카본 보호막의 마찰계수와 같은 값을 보이고 있으나 cycle이 진행됨에 따라 급격히 증가하여 10000 cycle 후의 마찰계수는 1.8배 증가한 0.45의 매우 큰 값을 나타내고 있다. 반면 메탄으로 합성한 카본 보호막의 마찰계수는 매우 서서히 증가하여 10000 cycle 후의 마찰계수는 0.38로 벤젠으로 합성한 카본 보호막의 마찰계수보다 낮게 나타나고 있다.

다이아몬드상 카본 보호막의 마찰 및 마모 거동은 카본 보호막의 구조, 기계적 성질, 그리고 표면 상태에 상당한 영향을 받고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1)2)3)4)</sup> 벤젠으로 합성한 카본 보호막의 마찰계수가 메탄으로 합성한 카본 보호막의 마찰계수보다 높게 나타난 것은 전자의 보호막이 후자의 보호막보다 polymeric한 필름이 되며 따라서 경도도 상당히 낮아 마찰시 응착 (adhesion)이 매우 크기 때문이다. 이러한 결과는 카본의 sp<sup>3</sup>/sp<sup>2</sup> 결합비가 커질수록 필름이 치밀해지고 경도가 높아져서 마찰계수가 낮아진다는 타 연구자의 결과와도 일치하고 있다.<sup>1)</sup>

그러나 카본 필름의 구조에 따른 기계적 성질은 윤활층을 입힌 다이아몬드상 카본 보호막의 마찰 및 마모 거동에 영향을 미치는 것은 하나 절대적 요인은 아님은 다음의 실험 결과로부터 알 수 있다. 다이아몬드상 카본 필름에  $sp^3$  혼성 결합만을 하는 실리콘을 함유시키면  $sp^1$  C-H bond가 감소 할 뿐만 아니라 Si-Si bond도 증가하여 카본층의 3차원적 inter-link 결합구조를 증가시켜 코팅층의 경도를 증가시키는 것으로 알려져 있으나,<sup>5)</sup> 실리콘을 함유한 카본 보호막의 마찰계수는 cycle이 진행될수록 매우 불안하게 변하여 10000 cycle 이후의 마찰계수는 0.4-0.45 사이의 매우 큰 변동폭을 가지면서 벤젠으로 합성한 카본 보호막의 마찰 거동보다 크게 향상되지는 않았다. 또한 다이아몬드상 카본층에 질소가 함유되면 수소 함유량의 감소와 C≡N bond의 증가가 서로 반대로 3차원적 inter-link 결합구조에 영향을 주어 기계적 특성은 크게 변하지 않으나,<sup>6)</sup> 질소 함유 카본 보호막의 초기 마찰계수는 0.2로 가장 낮게 나타나고 있으며 10000 cycle 후에도 0.37의 낮은 마찰계수를 보임으로서 가장 좋은 마찰 거동을 보이고 있다. 질소 함유 카본 보호막의 초기 마찰계수가 가장 낮게 나타난 것은 이 보호막이 4가지 보호막 가운데 가장 낮은 표면 조도 (41.7 Å)를 가진 것에 기인하며 이는 타 연구자의 결과와도 일치하고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 표면 상태의 카본 보호막의 마찰 거동에 대한 영향은 표면 조도 이외에도 표면의 화학적 상태가 중요한 요소임이 연구자들에 의해 밝혀지고 있다.<sup>3,4)</sup> 본 연구에서는 윤활층을 입힌 카본 보호막의 표면에너지 및 윤활층과 카본 보호막의 결합 상태를 조사하고 CSS 진행시 표면 성분 변화 및 분자 거동을 파악하여 이것이 마찰거동에 미치는 영향을 분석하고자 하였다

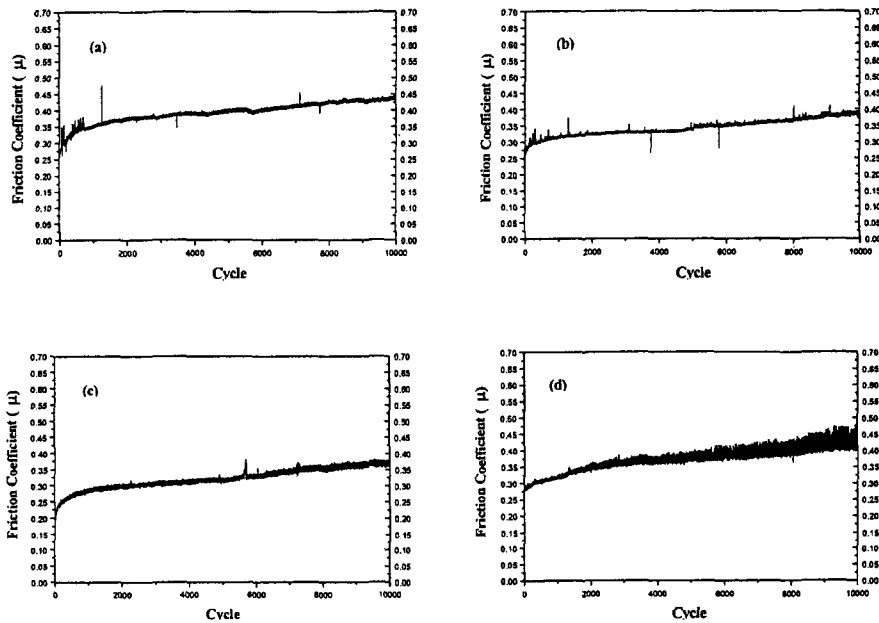


Fig. 1 Variation of the friction coefficient with the number of CSS cycles for carbon overcoats synthesised with gas sources (a)  $C_6H_6$  (b)  $CH_4$  (c)  $C_6H_6 + N_2$  (d)  $C_6H_6 +$  diluted  $SiH_4$

#### 4. 참고문헌

- [1] B. Marchon et al : J. Appl. Phys. 69 (8), 15 1991
- [2] Eric C. Cutiongco et al : Journal of Tribology Vol. 118 (543) 1996
- [3] M. T. Dugger et al : Transactions of the ASME Vol. 112 1990
- [4] V. J. Novotny et al : J. Vac. Sci. Technol. A 12 (5) 1994
- [5] K. R. Lee et al. : Thin Solid Films, 308-309, 263-267, (1997)
- [6] K. R. Lee, K. Y. Eun, J. S. Rhee : Mat. Res. Soc. Symo. Proc., Vol. 356, 233-238, (1995)