

## 물리기상증착법으로 형성된 다이아몬드상 탄소 박막의 마찰 특성에 관한 연구

박관우\*(연세대학교 대학원 기계공학과), 문일도(연세대학교 기계전자공학부),  
나중주(한국기계연구원), 김대은(연세대학교 기계공학부)

주제어 : Diamond-like carbon(다이아몬드상 탄소), DC-magnetron sputtering(직류 마그네트론 스퍼터링), Raman spectroscopy(라만 분광기), Atomic force microscopy(원자현미경), Contact angle meter(접촉각 측정기), Micro pin-on-reciprocator(정밀왕복마찰시험기), Friction(마찰)

다이아몬드상 탄소(diamond-like carbon, DLC) 박막은 명칭에 함축된 의미로 알 수 있듯이 다이아몬드와 유사한 특징을 지니고 있다. DLC 박막은 비정질(amorphous) 고상 탄소 박막으로 구조적으로  $sp^1$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ 의 결합들로 구성되어 있다. DLC 박막의 물성으로는 우수한 경도, 내마모성, 낮은 마찰계수, 화학적 안정성 그리고 적외선(IR) 영역에서의 높은 투과율 등이 있다. 현재 DLC 박막은 앞서 열거된 물성들의 장점을 활용하여 다양한 산업분야에서 활발히 응용되고 있다. 특히 트라이볼로지(Tribology) 측면에서 볼 때, DLC 박막은 내마모성과 우수한 마찰특성을 동시에 지니고 있어 구동부의 표면보호층 및 윤활층으로 적용되고 있다.

본 연구는 HDD(Hard Disk Drive) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)와 같은 정밀시스템의 동적 접촉부위에 DLC 박막을 보호층 및 윤활층으로 적용하기 위한 연구로서 주로 마찰특성에 대해 연구를 수행하였다. DLC 박막은 다양한 물리기상증착법 중 직류 마그네트론 스퍼터링(DC-magnetron sputtering)으로 증착되었고 각기 다른 조건으로 형성되었으며 총 4가지 유형의 시편이 측정 및 실험에 사용되었다. DLC 시편의 물성분석기기로는 화학적 결합특성을 알아보기 위한 라만 분광기(Raman spectroscopy), 표면의 거칠기를 알기 위한 원자현미경(Atomic force microscopy, AFM) 그리고 표면에너지를 측정하기 위한 접촉각 측정기(Contact angle meter)가 사용되었다. 마찰(Friction)실험에 있어서는 DLC 박막의 마찰특성을 분석하기 위해 자체 제작한 정밀왕복마찰시험기(Micro pin-on-reciprocator)가 사용되었다. 마찰실험의 적용하중범위는 1 mN에서 20 mN으로 정하였다. 이는 HDD나 MEMS의 작동부에 가해지는 하중이 수십 mN 이하임을 고려한 것이다. 그 밖의 실험조건으로 DLC 박막의 상대재료인 편은 다이아몬드 팁을 채택하였고 선속도는 4 mm/s로 정했다. 미끄럼거리는 20 mm에서 1 m까지 적용하였고, 대기환경의 무 윤활조건에서 실험이 수행되었다.

각 시편마다 다른 마찰특성을 보였으며 그림 1은 가장 우수한 마찰특성을 보이는 시편의 하중에 따른 마찰계수를 비교한 그래프이다. 그림 1에서와 같이 1 m까지의 평균마찰계수를 구한 결과 가장 낮은 마찰계수는 0.04임을 알 수 있었고 하중이 증가함에 따라 마찰계수가 증가하는 경향을 보였다. 그림 2는 가장 우수한 마찰특성을 보이는 시편의 라만 분석결과이다.

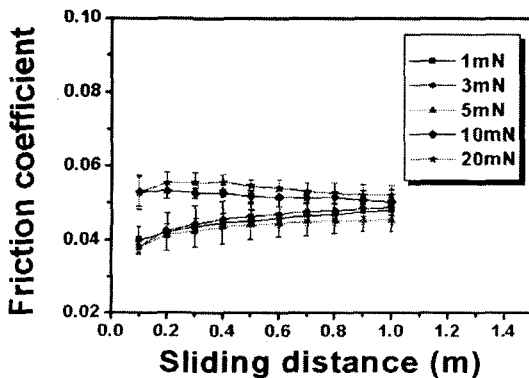


Fig. 1 Friction coefficient of DLC thin film

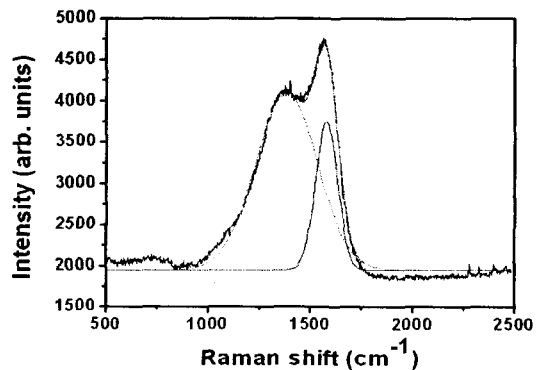


Fig. 2 Raman spectrum of DLC thin film