

## 나노트라이볼로지 - 초정밀 시스템에의 응용과 전망

김대은(연세대 기계공학과), 성인하, 정구현(연세대 대학원 기계공학과)

마이크로시스템의 기계요소는 표면적 대 체적의 비가 크고 저하중에서 작동하므로, 시스템의 성능 및 신뢰성과 수명향상을 위해서는 표면특성 및 상대운동을 하는 기계요소간 접촉 표면에서의 상호작용에 관한 이해가 필수적이다. 또한, 대부분 기존의 유체에 의한 윤활방식이 적용되기 어렵기 때문에 기능성박막이나 표면의 형상에 의한 마찰제어가 중요해진다. 본 논문에서는 미소마찰 및 마멸 메커니즘 이해를 위해서 수행된 표면 및 표면상호작용에 대한 기초적 연구에서부터 응용에 이르는 nanotribology 연구결과를 소개한다.

미소기구에서의 마멸현상은 Archard's wear law의 마멸계수  $10^{-9}$  정도로서 burnishing 효과로 나타나며, nN 수준의 극저하중에서도 표면파손은 발생한다. 이러한 미소마멸은 접촉 면적에 영향을 미치거나 마멸입자의 거동 등으로 인하여 마찰 현상에 영향을 미치게 된다. 그러므로 Fig. 1과 같은 마멸입자를 제거하기 위한 micro-groove를 통하여 마멸입자의 거동을 제어함으로써, 마찰을 저감시키고 표면을 보호할 수 있다. 또한, 표면의 물리화학적 특성의 이해와 표면개질을 통하여, SAM(Self-assembled monolayer)과 같은 기능성 유기박막에 의한 마찰 및 stiction 저감이 가능하며, 실제 하드디스크의 보호층 및 윤활층으로 이용할 수 있음을 확인하였다. LFM(Lateral Force Microscope)을 이용한 연구결과, 표면의 기하형상에 따른 마찰변화는 접촉각도나 기울기변화에 의해 설명될 수 있으며, 미세요철간 접촉상태는 마찰신호에 대한 FFT해석을 통해 예측이 가능하다. 이러한 결과는 micro-grooved surface, 하드디스크 시스템의 경우 padded/SF(stiction-free) slider 와 같이 실접촉면적 감소에 의한 마찰 및 stiction 저감기술로 응용될 수 있다.

이와 같은 미소 마찰 및 마멸의 이해를 통하여 기존의 미세 가공법들이 지니는 단점을 극복하고, 경제적이고 유연하며 신뢰성있는 기계적-화학적 방법을 조합한 새로운 미세가공법이 고안되었다. 이 가공법의 기본 메커니즘은 단결정 다이아몬드 tip을 이용하여 tip-workpiece 상호작용에 의해 유발되는 마찰에너지와 연삭효과에 의해 원하는 형상을 가공한다는 것이다. 이 미세가공법을 이용하여 고가의 장비를 사용하지 않고도 미소가공을 수행할 수 있으며, 실리콘외에 금속표면에도 미세패턴 뿐만 아니라 미세요철 표면 등 다양한 3차원 미세형상 및 미세구조물 제작에 이용할 수 있다.

결론적으로, nanotribology 기술은 초정밀 마이크로시스템의 내구성과 신뢰성을 확보하는데 필수적으로 요구될 뿐만 아니라 표면의 극초정밀 가공에도 응용될 수 있는 산업전반에 걸친 기반기술이다.

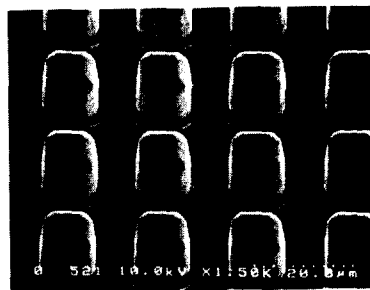


Fig. 1 Micro-grooved surface for friction reduction