

# 구동형 마이크로 부품의 트리보로지컬 보호막

## Tribological passivation layer for micro devices

나중주\*, 권식철, 이건환  
한국기계연구원 재료연구소 표면기술연구센터

### 1. 서론

마이크로 모터, 마이크로 엔진, RFMEMS 스위치 및 comb drive 등은 모두 접촉 상태에서 구동이 일어나게 된다. 이들 부품은 적은 구동력으로 동작되어야 하고 높은 신뢰성을 가져야 한다. 이는 응착, 마찰, 마모 등의 트리보로지 문제가 중요함을 의미한다. 마이크로 부품에서 요구되는 트리보로지 특성은 저응착을 위해 물에 대한 접촉각이  $90^\circ$  이상, 마찰계수 0.05 이하, 마모계수  $10^{-8}$  이상 등이 동시에 만족되어야 한다. 저응착을 위한 방법으로 SAMs(Self Assembled Monolayers) 유기물 코팅이나 표면거칠기 제어등을 통하여 만족할 만한 결과를 얻고 있으며, 불소 함유 카본 박막 등에서도 우수한 결과를 보이고 있다. 그러나 이들 코팅층은 쉽게 마모가 되는 문제가 여전히 남아 있다. 또한, DLC(Diamond Like Carbon) 박막은 매우 우수한 내마모성을 가지며 낮은 마찰계수를 보이는 것으로 알려져 있으나, 마이크로 부품에서와 같이 인가되는 하중이 매우 작을 경우에는 마찰계수가 증가하여 구동력이 높아야 하는 문제가 남아 있다. 따라서 이들 모든 문제를 마이크로 부품에서 요구되는 수준으로 만족시키기 위해서는 새로운 개념의 소재 개발이 요구되고 있다.

### 2. 본론

카본은 다이아몬드 구조와 흑연 구조를 가지고 있으며, 다이아몬드 구조는 높은 경도에 의한 탁월한 내마모성을 보이며, 흑연은 6방향계의 기저면 방향으로 우수한 저마찰 특성 및 저응착 특성을 보인다. 특히, 카본 박막은 여러 가지 공정으로 합성할 수 있으며 합성조건에 따라 다이아몬드 구조와 흑연 구조의 분율을 제어할 수 있다. 본 연구에서는 다이아몬드 결합구조의 분율이 높은 고경도 박막층과 흑연 결합구조가 높은 저마찰 박막층을 순차적으로 합성하여 최적화함으로써 마이크로 부품에서 요구되는 트리보로지 특성을 만족시켰다. 합성된 박막의 소재 물성과 마찰, 마모 특성 분석 및 응착 특성을 분석하였다.

### 3. 결과

최적화된 박막은 인가하중 범위  $100\text{mg}\sim 5\text{g}$ 에서 마찰계수 0.02 이하의 값을 얻었으며, 상대재로는 다이아몬드 압자를 사용하였고 일반 대기중에서 실험을 하였다. 특히, 다이아몬드 압자에 카본 박막을 코팅하였을 경우에도 0.05 이하의 값을 얻을 수 있었다. 백만회의 왕복운동 후에도 마모깊이는 6nm로 마이크로 부품에 적용 가능한 내마모성을 확인하였다. 응착특성도 AFM을 통해 측정된 결과는 Si에 비해 3배이상 낮출 수 있었다. 물에 대한 접촉각도  $85^\circ$ 로써 수용할 만한 값을 보이고 있다. 특히, 흑연 결합 구조의 분율이 다른 DLC박막보다 높아 약  $1\text{m}\Omega\text{-cm}$ 의 비저항 값을 보이고 있어 전도성이 요구되는 보호막에도 적용이 가능하다.