

# 미소소자를 위한 초저마찰 박막

## Ultra-low friction materials for micro-devices

나종주\*, 권식철, 이구현, 조정래  
한국기계연구원 표면연구부

### 1. 서론

MEMS나 hard disk drive와 같은 마이크로 디바이스에서 발생하는 트리보로지컬 문제는 높은 마찰계수, 높은 마모속도와 더불어 응착문제를 들 수 있다. 이러한 문제들은 미소 소자의 효율과 수명 및 수율과 직결되는 것들이다. 응착문제는 디바이스의 제조공정 과정과 동작 중에 반드시 극복해야 한다. 이러한 문제의 해결책으로 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 하여 응착문제를 잘 해결할 수 있었다. 그러나 이 단분자층은 마모에 매우 취약하여 제조공정 중에 발생하는 응착문제는 극복할 수 있으나 디바이스가 동작 중에 발생하는 마모와 마찰력의 증가를 억제하기에는 한계를 가지고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 DLC박막을 미소소자의 보호막으로 개발하였으며, 이 보호막의 마찰계수, 마모계수 및 물에 대한 접촉각을 측정하였으며 미소소자의 보호막으로써 요구되는 목표치를 동시에 달성할 수 있는 방안을 제시한다.

### 2. 특징 및 공정

DLC 박막 합성 공정은 CVD방법을 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 CVD 공정에서는 hydrocarbon gas를 precursor로 사용하기 때문에 수소의 함입을 억제할 수 없다. 특히, 수소의 함량 제어를 통하여 DLC박막의 특성을 제어할 수도 있기 때문에 많은 경우 수소는 공정상 필요한 것으로 알려져 있다. 그러나, 수소가 함입된 DLC박막이나 tetrahedral DLC 박막은 물에 대한 접촉각을 90°이상으로 만들 수 없다. 따라서 CF<sub>4</sub> 또는 CHF<sub>3</sub> 등의 불소를 함유한 precursor를 사용하여 불소 함입 DLC 박막을 합성하여 접촉각을 증가시키고 있다. 반면에 스퍼터링 공정을 사용하여 카본 타겟과 PTFE 타겟을 사용하면 수소가 전혀 함입되지 않는 DLC박막을 합성할 수 있다.

본 연구에서는 카본 타겟을 DC magnetron gun을 사용하여 sputtering하면서 PTFE 타겟을 RF magnetron gun을 사용하여 sputtering함으로써 불소의 양을 조절하였다. 증착된 박막의 접촉각 및 마찰계수, 마모계수를 측정하였으며 표면의 pull-off force를 AFM을 사용하여 측정하였다.

미소소자에서는 인가되는 하중이 매우 낮고 측정하는 박막의 마찰계수도 매우 낮기 때문에 마찰력을 측정하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 인가하중이 1~50mN의 범위를 가질 때 마찰력을 측정할 수 있는 새로운 방식의 마찰계수 측정법을 소개하고자 한다.

### 3. 결과 요약

인가하중 10~50mN에서 다이아몬드를 상대재로 측정하였을 때, 마찰계수 0.01인 DLC박막을 개발하였다. 이는 대기중에서 측정하였을 때 문헌상에서 보고된 값 중에서 가장 낮은 값을 보이고 있다. 또한 마모계수도 10<sup>-8</sup> 수준의 뛰어난 특성을 보이고 있다.

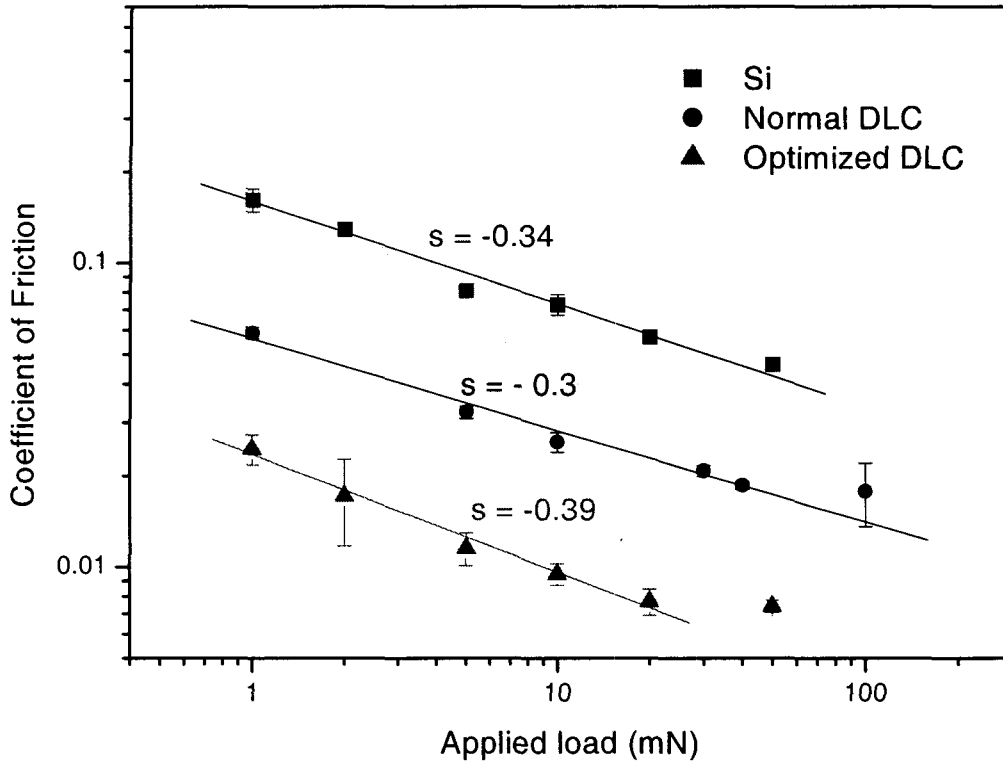


그림 1. 다이아몬드를 상대재로 사용하였을 때 Si, Normal DLC, Optimized DLC박막의 하중에 따른 마찰계수 변화

#### 참고문헌

- [1] R. Maboudian and R.T. Howe, "Critical Review: Adhesion in surface micromechanical structures", *J. Vac. Sci. Technol. B*, Vol. 15, pp. 1-20 (1997)
- [2] R. Mavoudian, W.R. Ashurst, and C. Carraro, "Self-assembled monolayers as anti-stiction coatings for MEMS: characteristics and recent developments", *Sensors and Actuators*, Vol. 82, pp. 219-223 (2000)
- [3] Kwang-Ryeol Lee, Young-Joon Baik, Kwang Yong Eun, Seunghee Han, "Precursor Gas Effect on the Structure and Properties of Diamond-like Carbon Film", *Diamond and Related Materials*, 3 (10), 1230-1234 (1994).
- [4] K. Trojan, M. Grischke, and H. Dimigen, "Network Modification of DLC Coatings to Adjust a Defined Surface Energy", *Physica A*, Vol. 145, pp. 575-585 (1994)