

# PECVD와 ICP에 의해 증착된 불화유기박막의 나노트라이블리지 특성 비교분석 (Comparative Analysis of Nanotribological Characterization of Fluorocarbon Thin Film by PECVD and ICP)

김태곤, 이수연, 박진구, 신형재\*  
한양대학교 금속재료공학과, \*삼성전자주식회사

## Abstract

현재 초소형 정밀기계(MEMS; Microelectromechanical System) 소자의 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 점착현상을 방지하기 위하여 불화유기박막을 증착하였다. Octafluorocyclobutane( $C_4F_8$ )을 소스가스를 PECVD (Plasma Enhanced CVD)와 ICP (Inductively Coupled Plasma)를 이용하여 증착하였다. 여기에 Ar을 첨가하여 플라즈마의 반응성을 높여주었다. 형성된 불화유기박막의 나노트라이블리지 특성을 살펴보기 위하여 AFM을 통하여 증착시킨 시편의 topography를 살펴보았다. 그리고 박막의 antiadhesion의 정도를 살펴보기 위하여 cantilever와 박막의 표면 사이에 존재하는 interaction force를 측정하였고 AFM의 force curve mode를 이용하였다. PECVD를 이용하여 증착된 박막은 ICP를 이용한 박막보다 균일하지 못한 박막을 보였으며 attractive force가 강한 것으로 사료된다.

## 1. Introduction

표면 마이크로 머시닝(surface micro-machining)의 발전에도 불구하고 마이크로 구조물의 점착현상(stiction)은 여전히 중요한 문제로 남아있다. 점착현상이란 마이크로 구조물의 표면에서 의도하지 않은 점착(adhesion)이 발생하여 구동하는 힘으로는 떨어지지 않아 영구적으로 붙어 있는 현상을 말한다. 이러한 점착 현상은 직접적으로 생산 수율을 떨어뜨리고 제품의 신뢰성에 심각한 문제를 일으키게 된다. 따라서 이러한 점착현상을 방지하기 위하여 표면의 특성을 평가하는 것이 중요하다.

점착현상에서 주된 힘으로는 크게 표면에 작용하는 모세관력(capillary force), van der Waals force, 정전기력(electrostatic force)으로 알려져 있다. 특히 공정중에 구조물이 바닥에 붙어 떨어지지 않는 점착은 주로 모세관력에 의해 주도되어 일어난다.

이러한 표면에서 작용하는 힘을 줄이고자 미세구조물 표면을 화학물질을 이용하여 표면개질(surface modification) 시키는 방법들이 발표되었는데 화학적인 표면개질 방법은 높은 표면에너지를 가지는 물질에 낮은 표면에너지를 가지는 화학물을 증착시킴으로써 소수성 표면을 효과적으로 만들어 점착현상을 방지할 수 있다.

점착 방지막을 제조하기 위한 방법으로는 기상증착(vapor phase deposition), Langmuir-Blodgett film, plasma deposited monolayer 등이 있다. 이중 plasma를 사용한 증착은 다른 증착 방법과 달리 성장 두께 조절이 가능하고 공정 조건에 따라 박막의 특성을 변화시킬 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 plasma를 이용하여 유기박막을 제조하였고 특히 plasma의 발생 방식을 PECVD와 ICP 두 가지로 하였다. PECVD의 경우에는 발생된 plasma와 구조물간에 직접적인 접촉에 의해서 시편에 손상을 주는 영향이 있다. 이를 보완하기 위하여 plasma가 발생하는 영역과 구조물간을 분리시킨 remote plasma의 개념을 이용한 ICP를 사용하였다. 증착된 박막은 AFM의 force curve mode를 이용하여 각 장비에서 증착된 박막이 가지고 있는 adhesive force를 평가하였다.

## 2. Experimental

본 연구에서 불화 유기박막을 성장 시키기 위한 기판으로 Al이 3000Å 성장된 웨이퍼를 사용하였다. 모든 시편은 O<sub>2</sub>, 200 mTorr, 200 W에서 3분 동안 13.56 MHz의 RF plasma를 이용하여 건식세정을 수행하였다.

불화 유기박막은 Scott specialty gases로부터 구입한 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>(Octafluorocyclobutane)를 사용하여 증착하였다. Figure 1과 2는 최적화된 공정조건을 유지하기 위하여 온도구간을 독립적으로 조절할 수 있도록 자체 제작된 PECVD와 remote plasma의 개념을 도입한 자체 제작된 ICP의 개략도를 나타내고 있다.

Plasma 증착시 Al substrate와의 강한 결합력을 유지하기 위하여 증착공정 전에 Ar plasma를 이용하여 Al 표면을 activation 시켜주었다. 또한 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> plasma의 생성을 원활하기 위하여 Ar을 첨가하여 주었다.

증착된 불화 유기박막의 표면 상태를 측정하기 위하여 AFM (Autoprobe CP Research, Park Scientific Instruments)이 사용되었다. 측정에 사용된 cantilever는 spring constant가 0.40 N/m인 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ultralever를 사용하였다.

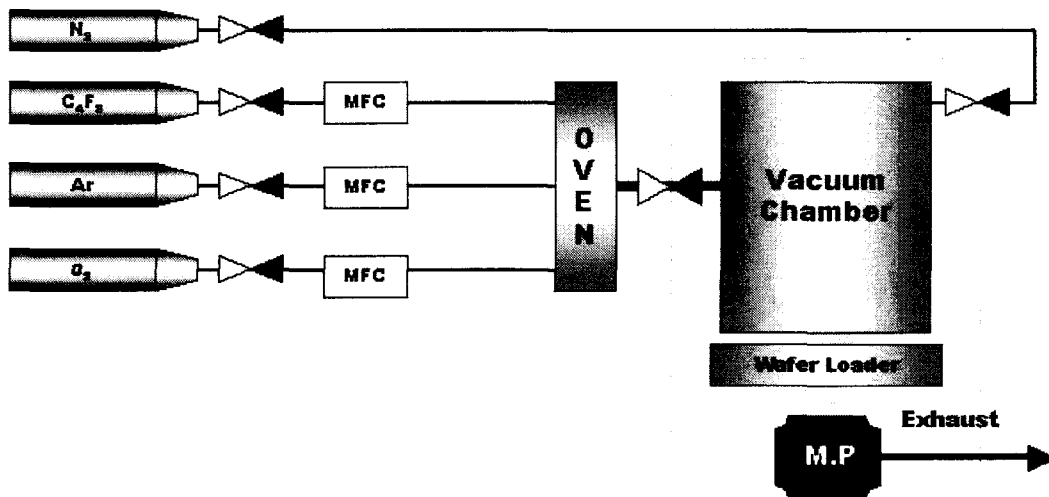


Figure 1. Schematic diagram of plasma enhanced CVD system used in the experiment

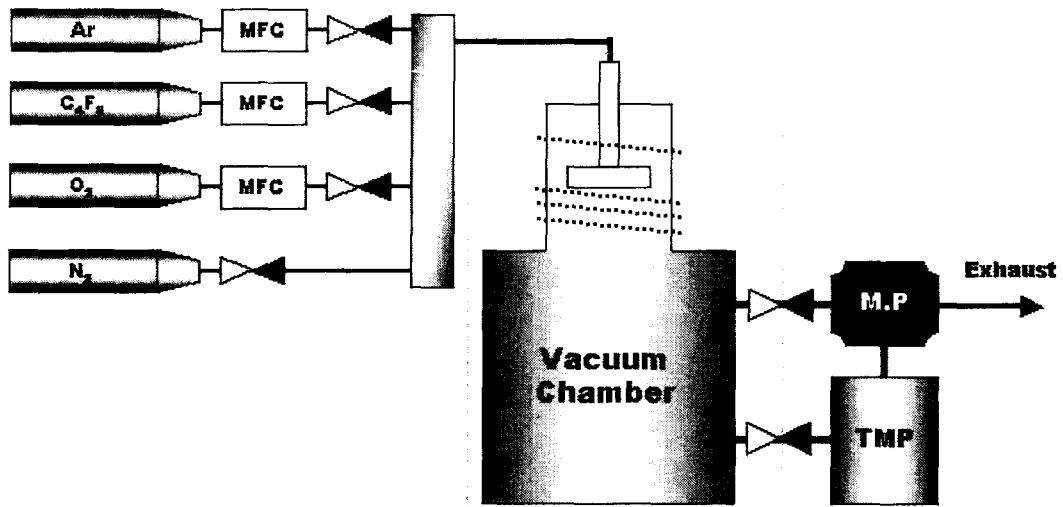


Figure 2. Schematic diagram of inductively coupled plasma system used in the experiment.

### 3. Results and Discussion

일반적으로  $C_4F_8$  plasma를 이용한 박막은 CF,  $CF_2$  그리고  $CF_3$  등의 radical로 이루어진 화학적 조성을 가지고 있다. 이러한 radical은 박막의 표면 에너지를 낮추게 하는 요소이며 박막에 많은 radical의 증착을 유도하는 작업이 선행되었다. PECVD를 이용한 박막은 plasma와 시편과 바로 접촉을 이루고 있기 때문에 유기 박막의 증착과 동시에 식각이 된다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 ICP를 이용하여 밀도가 높은 플라즈마와 시편과의 거리를 떨어뜨려 원하는 radical이 시편 표면에 고루 분포되도록 하였다.

AFM morphology를 살펴보면 ICP로 형성한 박막이 PECVD로 형성한 박막보다 균일한 표면을 나타내는 것을 발견할 수 있다.(Figure 3.) 이는 PECVD로 박막 형성시 plasma로 인하여 박막에 손상을 주는 것으로 사료된다.

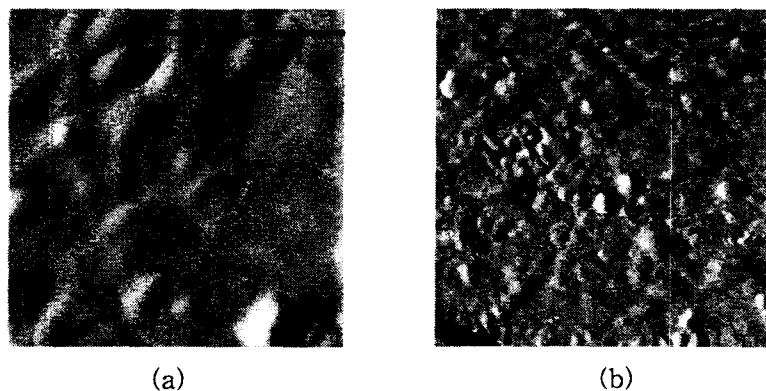


Figure 3. AFM morphology (a) deposited by ICP, (b) deposited by PECVD

PECVD를 이용한 박막을 F-D curve를 이용하여 측정해보면 측정지점마다 각기 다른 attractive force를 나타내고 있다. 이는 유기 박막을 이루고 있는 radical이 heterogeneous 하게 분포되어 있음을 나타내는 것으로 사료된다. ICP를 이용한 박막은 PECVD로 형성된 박막에 비하여 적은 attractive force를 가진다는 것을 figure 4를 통하여 알 수 있다.

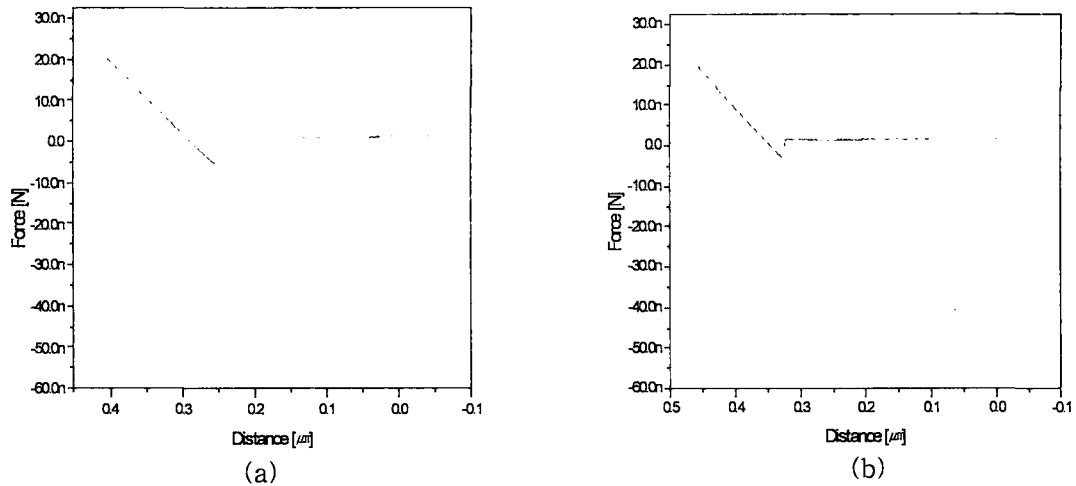


Figure 4. Interaction force measurement

(a) thin film deposited by ICP and (b) thin film deposited by PECVD

## References

- 1) R. Maboudian and R.T. Howe, "Critical Review: Adhesion in surface micromechanical structures," J. Vac. Sci. B 15, pp. 1-3 (1997)
- 2) Q. Quyang, K. Ishida, and K. Okada, "Investigation of micro-adhesion by atomic force microscopy." Applied Surface Science, 169-70, pp. 644-648, (2001)
- 3) B. Cappella, G. Dietler, "Force-distance curves by atomic force microscopy", Surface Science Reports 34, 1-104 (1999)