

論文2000-37SD-6-2

# DDMS를 이용한 MEMS 구조물의 새로운 점착방지 방법

## (A new Method of Stiction Reduction for MEMS Structures Using DDMS)

金奉煥\*, 吳昌勳\*, 全國鎭\*, 吳龍洙\*\*

(Bong-Hwan Kim, Chang-Hoon Oh, Kukjin Chun, and Yong-Soo Oh)

### 요 약

본 논문은 다결정실리콘의 점착방지를 위한 새로운 화학적 방법에 의한 코팅방법을 제시하였고 그 특성을 확인하였다. 이 코팅방법은 최근에 사용되어지고 있는 Octadecyltrichlorosilane (OTS) 나 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilane (FDTS) 같은 Monoalkyltrichlorosilanes (MTS,  $\text{RSiCl}_3$ ) 계열의 물질 대신에 Dialkyldichlorosilanes (DDS,  $\text{R}_2\text{SiCl}_2$ ) 계열의 물질을 이용하여 다결정실리콘의 표면을 바꾸는 방법이다. 이 DDS 계열의 화학물질 중에서 Dichlorodimethylsilane (DDMS,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ )는 쉽게 구할 수 있고 다결정실리콘의 표면을 친수성에서 소수성으로 간단하고 빠른 방법으로 바꿀 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 DDMS 코팅된 다결정실리콘으로 만들어진 외팔보를 3 mm 길이까지 제작하여 점착현상이 전혀 일어나지 않았음을 확인하였고 이를 실제 구조물에 적용하였다.

### Abstract

In order to achieve stiction-free polysilicon surfaces, we have suggested a new class of chemical coating precursors and confirmed their excellent characteristics. The strategy is to adopt dialkyldichlorosilanes (DDS,  $\text{R}_2\text{SiCl}_2$ ) instead of monoalkyltrichlorosilanes (MTS,  $\text{RSiCl}_3$ ) such as octadecyltrichlorosilane (OTS) or 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilane (FDTS). Dichlorodimethylsilane (DDMS,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ ) in this study is commercially available DDS with two short chains. DDMS in aprotic media spontaneously deposits on the hydrophilic polysilicon surface, which is completely changed to hydrophobic one. When polysilicon surface is exposed to DDMS solution at room temperature, anti-stiction property and hydrophobicity are clearly comparable to FDTS. DDMS is even superior to MTS in reliability and easy handling, which provides high yield. Since interactions among precursor molecules are reduced, conglomeration both in homogeneous solution and on surface can be effectively avoided. Even the cantilevers of 3 mm in length can be protected successfully from the stiction and the final quality of the modified surfaces is much less dependent on temperature. And no difference was found between the processes in ambient environment and in dry box. In addition, DDMS has advantages of remarkably reduced process time and low cost.

\* 正會員, 서울大學校 電氣工學部

(School of Electrical Engineering, College of Engineering, Seoul National University)

\*\* 正會員, 삼성종합기술원

(Microsystems Lab., S&amp;C sector, SAMSUNG Advanced Institute of Technology(SAIT))

接受日字:1999年11月23日, 수정완료일:2000年5月4日

I. 서론

최근의 마이크로머시닝 발전에도 불구하고 마이크로 구조물의 점착현상은 여전히 중요한 문제로 남아있다. 점착현상이란 마이크로 구조물의 표면에 의도하지 않는 점착이 일어나서 회복하려는 힘이 모세관 힘, van der Waals 힘, 정전력과 같은 표면에 작용하는 힘을 극복하지 못하여 영구적으로 붙어 있는 현상을 말한다. 이러한 점착현상은 크게 희생층 제거시 점착현상(release-related stiction)과 사용중 점착현상(in-use stiction)으로 분류된다. 우선, 희생층 제거시 발생하는 점착현상은 구조물의 릴리스 공정 중에서 구조물이 바닥에 붙어서 떨어지지 않는 점착으로 액체 모세관 힘에 의해서 일어난다. 현재 이 현상은 승화 건조법(sublimation release), 초임계 건조법(supercritical drying), 불산 기상 건조법(HF vapor release)<sup>[1-3]</sup> 등의 방법들로 액체 기상 계면을 피하는 기술로 해결 할 수 있다. 그 외에도 마이크로 구조물 주변에 작은 돌출물을 만들어서 액체 형상을 변화시켜 모세관 힘을 줄이는 방법도 있다<sup>[4]</sup>. 하지만 이러한 방법들도 미세 구조물이 동작중에 습도나 과도한 충격 등으로 복원되지 않는 점착이 발생하는 것을 피할 수는 없다. 그 이유는 근접한 마이크로 구조물 표면이 서로 접촉할 때에도 역시 모세관힘, 정전력, 반데르 발스힘 등이 발생하며 이 힘에 의해 표면점착이 일어나고, 그 결과 소자 손상을 초래하게 되어 결국 구조물의 점착현상이 발생한다. 이런 사용 중 점착현상을 줄일 수 있는 방법으로 마이크로 덤플을 형성하여 표면 접촉면적을 줄이는 방법과 마이크로미터 수준으로 다결정 실리콘 표면을 거칠게 하는 방법이 연구되었다<sup>[5]</sup>. 최근에는 점착현상을 방지하기 위해 미세 구조물 표면을 화학물질로 개질(chemical modification of the surface)하는 방법이 발표되었는데, hydrogen passivation<sup>[6]</sup>, hydrogen-bonded fluorinated monolayers<sup>[7]</sup>, plasma-deposited fluorocarbon thin films<sup>[8]</sup>, covalently-bound hydrocarbon self-assembled monolayer (SAM)등이 있다. 이 중 대표적인 방식이 자기 집합 단층막(SAM) 방식이다<sup>[9-14]</sup>. Berkeley 대학의 Srinivasan 그룹에서 제시한 이 방식은 monoalkyltrichlorosilanes (MTS,RSiCl<sub>3</sub>) 계열의 물질로써 octadecyltrichlorosilane (OTS,C<sub>18</sub>H<sub>37</sub>SiCl<sub>3</sub>) 나

1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilane(FDTS,C<sub>10</sub>H<sub>17</sub>SiCl<sub>3</sub>) 같은 화학물질을 이용하여 실리콘 웨이퍼 표면을 소수화 처리하여 점착현상을 방지하는 기술이다. 하지만 이 SAM 방식도 처리방법이 복잡하고 공정비용이 많이 들며 온도에 대한 의존성이 강한 단점이 있다. 또한 OTS의 경우는 온도에 대한 의존성이 FDTS보다 훨씬 커서 100 °C 이상에서는 열화가 심하고, 게다가 FDTS의 경우는 반응성이 매우 커서 다루기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 화학물질에 의한 표면 개질 방법 중 저렴한 비용과 온도의 의존성이 작고 공정방법이 간단한 dichlorodialkylsilanes (DDS,R<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub>) 계열의 화학물질인 dichlorodimethylsilane (DDMS, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub>)를 이용한 코팅방법<sup>[15]</sup>을 제시하였고 SAM 방식과 비교하였다.

II. 화학물질을 이용한 표면개질 방법

1. 자기집합단층막(Self-assembled monolayer, SAM)

Berkley 대학의 U. Srinivasan 그룹에서는 FDTS를 이용하여 다음의 모델과 같이 실리콘 웨이퍼 표면을 소수화 처리하였다. 표면에 도입된 FDTS의 긴 C-C 사슬이 일정한 배향성을 가지면서 단임층을 형성할 것이라고 주장하였다. 그림 1은 자기집합방식의 표면개질 모식도이다. U. Srinivasan 그룹의 주장에서 몇 가지 모순점을 발견할 수 있다. 우선 FDTS가 표면에 도입되는 과정은 실리콘 표면의 silanol (Si-OH)기와 반응하여 화학결합을 이루는 것이므로 물리적인 작용에 의해 형성되는 SAM 모형으로 이를 설명하는 것은 무리가 있다. 또한 FDTS는 긴 탄소 사슬을 골격으로 가지고 있어서 실제로는 탄소 간의 자유회전에 의해서 일

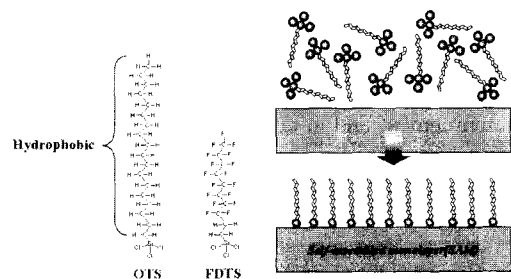


그림 1. 자기집합물질의 표면개질  
Fig. 1. Surface modification of self-assembled monolayer(SAM).

정한 배향성을 가지기 어렵고 자기들끼리의 작용력으로 영기는 현상도 일어나게 된다. 따라서 복잡한 구조를 이루고 있는 표면에 일정하게 도입하기가 어렵고 FDTS는 반응성이 매우 커서 공정에서 다루기가 어려운 단점이 있다.

2. DDMS 단층막

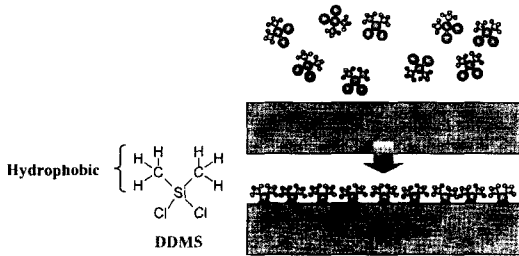


그림 2. DDMS 코팅에 의한 표면개질.

그림 2. DDMS 단층막에 의한 표면개질  
Fig. 2. Surface modification of DDMS.

자기집합물질인 FDTS에 반하여 DDMS는 그 크기가 작아서 복잡한 구조의 구석구석까지 접촉이 가능하여 코팅이 균일하게 이루어지며, FDTS의 긴 탄소 사슬을 대신하여 두 개의 메틸(methyl)기가 충분한 소수성을 보여준다. 그림 2는 DDMS의 표면개질 모식도이다. DDMS와 동일한 알킬구조를 가지고 있는 DDS 그룹에는 DDMS, DDES, DDPS 등을 들 수 있다.

Ⅲ. 점착방지 현상을 관찰 하기 위한 외팔보 제작과 DDMS코팅

1. 다결정 실리콘 외팔보 제작

일반적으로 외팔보 구조는 제작이 간단하고 희생층 제거후 쉽게 점착여부를 관찰할 수 있어 점착방지현상 실험에 많이 이용된다. 먼저 P-type(100), 비저항 10-20 ohm cm의 4인치 벌크 실리콘을 유기물 제거를 위해 황산과 과산화수소4:1에 10분간 담그고, 10:1 불산과 초순수(D.I. water)로 세척 및 세정한 다음 희생층으로 사용될 2 μm의 TEOS 산화막을 증착하였고 POCl<sub>3</sub>를 20 분간 도핑하였다. 그 다음으로 2μm의 다결정 실리콘을 TEOS 산화막 위에 증착하였다. MEMS 공정에서 필수적인 구조물의 잔류 용액 조절을 비교적 쉽게 할 수 있는 온도 영역에 해당하는 585 °C 에서 증착하였다. 다결정 실리콘의 증착은 저압 화학 기상 증착로에서

행하여졌으며, 반응로내의 압력과 사일렌(SiH<sub>4</sub>)의 유량은 각각 300 mTorr, 60 sccm으로 일정하게 유지했다. 전기로에서 열처리 조건을 수행하고 사진식각 공정을 통해 외팔보를 패터닝한 후에 다시 1μm의 TEOS를 하드 마스크를 사용하여 다결정 실리콘 2 μm를 식각하였다.

2. DDMS 코팅

DDMS(Lancaster Synthesis Ltd., 99% purity) 코팅을 정리하면 아래 그림 3와 같다. 첫 번째는 구조물의 희생층을 제거하기 위해 49% 불산을 이용해서 습식 식각을 하였다. 두 번째로 조심스럽게 초순수에 2분간 5 번씩 담근 후 흐르는 초순수로 씻어냈다. 여기서 구조물인 다결정 실리콘의 표면에 있던 불순물과 산화막이 제거된다. 세 번째는 다결정 실리콘의 표면을 친수화시켜주기 위해서 실내온도에서 과산화수소에 10분간 넣어 두었다. 이때 표면에 많은 OH 그룹들이 형성된다.

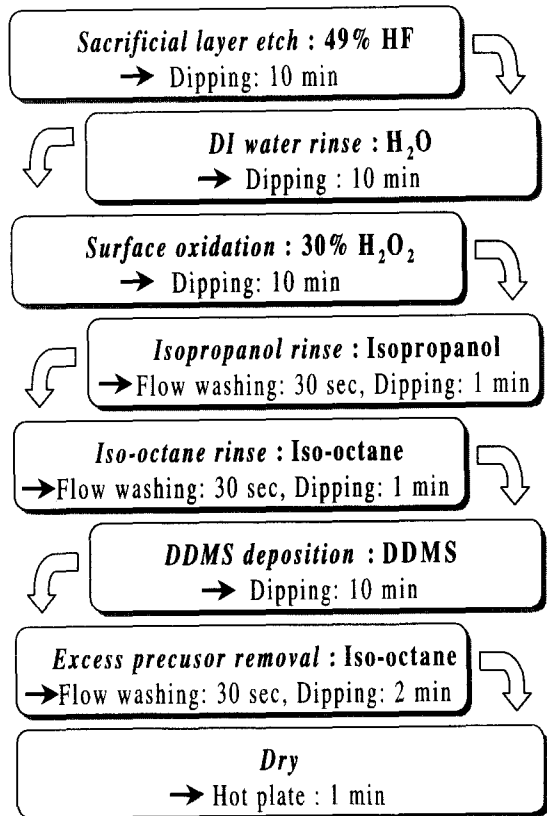


그림 3. DDMS 코팅 순서  
Fig. 3. DDMS coating procedure.

표면을 친수화시키는 이유는 DDMS의 헤드그룹이

공유결합을 통해 표면에 부동화(immobilization)되도록 하기 위해서이다. 네 번째는 불과 유기용매에 상호 반응을 할 수 있는 이소프로필 알콜을 사용하였다. 이소프로필알콜은 30초간 흘려주어서 린스하고 다시 1분 동안 용액에 담아 두었다. 다섯 번째는 구조물에 남아 있는 불 분자를 완전히 제거하기 위해서 이소옥탄(Aldrich Chemical Co., 99% purity)을 사용하여 역시 네 번째와 같은 순서로 진행하였다. 여섯 번째로 가장 중요한 DDMS 코팅을 질소 분위기의 글로브 박스 안에서 10분 동안 코팅 하였다. 이때, DDMS는 1 mM을 사용하였고 코팅 시간은 시편의 크기와 희생층이 제거 될 면적에 따라 변화시켰다. 하지만 대부분의 시편은 10분 정도면 충분히 코팅할 수 있었다. 마지막으로 코팅이 다 된 구조물을 이소옥탄으로 씻어주었고 핫 플레이트에서 시편을 건조시켰다.

#### IV. 결과 및 토의

##### 1. 다결정 실리콘의 표면 거칠기

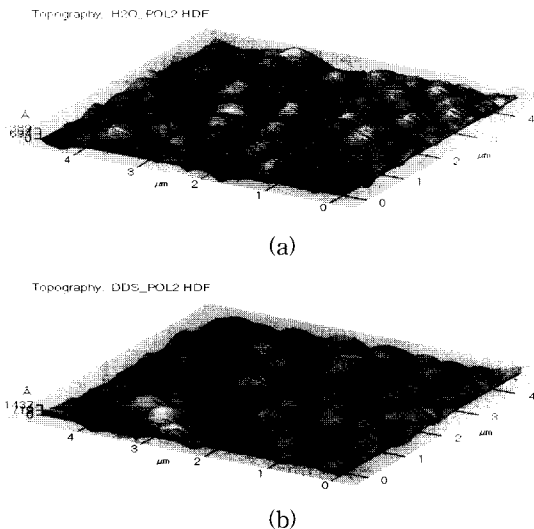


그림 4.  $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$  AFM 사진. (a) 표면 rms 거칠기가 125 Å인 코팅을 하지 않은 다결정 실리콘 표면. (b) 표면 rms 거칠기가 136 Å인 DDMS 코팅을 한 후의 다결정 실리콘 표면

Fig. 4.  $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$  AFM images. (a) Only H<sub>2</sub>O washed ground poly-Si surface : rms roughness 125 Å. (b) DDMS coated ground poly-Si surface : rms roughness 136 Å.

코팅하기 전과 코팅 한 후의 다결정 실리콘의 표면을 Atomic Force Microscopy (AFM)를 이용하여 측정하였다.

이상적인 단층막이 형성되었을 경우 그 두께는 수 Å 정도에 불과하므로 DDMS가 표면에 부반응을 통해 덩어리(conglomeration)를 이루어 침전되지 않고 단층막이 형성되었다면, AFM 분해능으로는 표면 위의 변화를 거의 구별할 수 없다. 그림 4와 표 1은 코팅 전의 rms 거칠기가 125 Å이고 코팅 후의 거칠기가 136 Å로서 표면의 거칠기 변화가 수 Å 정도에 그치고 있음을 보여준다.

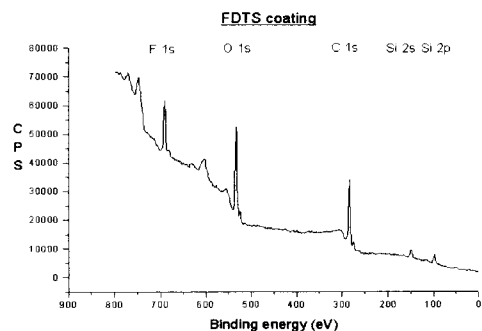
표 1. 다결정실리콘의 표면 rms 및 평균 거칠기

Table 1. AFM data of rms and average roughness of polysilicon surface

|            | P-P Roughness | Rms Roughness | Avg. Roughness |
|------------|---------------|---------------|----------------|
| No coating | 980 Å         | 125 Å         | 79.7 Å         |
| OTS        | 1020 Å        | 118 Å         | 70.2 Å         |
| FDTS       | 1230 Å        | 168 Å         | 123 Å          |
| DDMS       | 1320 Å        | 136 Å         | 82.7 Å         |

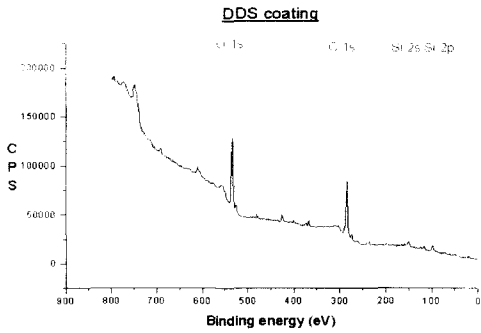
##### 2. 희생층 제거시 접착 현상

희생층 제거시 접착현상을 보기 위해 코팅된 샘플의 표면과 이의 화학적인 조성을 SEM과 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)를 이용하여 관찰하였다. 그림 5에서와 같이 FDTS SAM의 경우 F, O, C, Si의 원소들이 보이고 DDMS의 경우 C, O, Si의 원소들이 보임을 알 수 있다. 이는 단층막이 존재함을 의미하는 것이다.



(a)

DDMS 코팅이 잘 되었는지를 확인하기 위하여 우선



(b)

그림 5. XPS 측정결과. (a) FDTS의 경우 F, O, C, Si의 원소들이 나타난다. (b) DDMS의 경우 C, O, Si의 원소들이 나타난다

Fig. 5. Results of XPS (a) F, O, C and Si exist for FDTS. (b) C, O and Si exist for DDMS.

그림 6은 길이가 3 mm까지인 긴 외팔보를 제작하여 DDMS를 코팅한 결과로 바닥에서 2  $\mu\text{m}$ 의 공간을 가지고 잘 떠있음을 알 수 있다. 또한 수울면에서도 그림 7에서와 같이 3 mm까지 90% 이상의 외팔보가 DDMS 코팅에 의해 보호되어 있음을 알 수 있다.

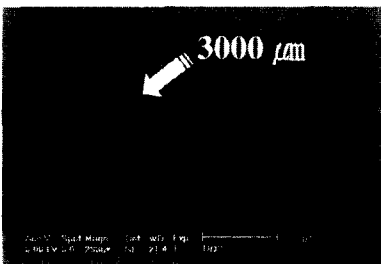


그림 6. 10  $\mu\text{m}$ 씩 증가하는, 폭이 20  $\mu\text{m}$ 인 길이 3 mm의 긴 외팔보가 바닥에서 2  $\mu\text{m}$ 의 공간을 가지고 떠있는 SEM 사진

Fig. 6. SEM image of DDMS coated polysilicon cantilever beams which are 2  $\mu\text{m}$  thick, 2  $\mu\text{m}$  above the substrate in 10  $\mu\text{m}$  increments.

그림 8은 36개의 자이로스코프 어레이중 하나의 셀을 확대한 SEM사진이다. 700  $\mu\text{m} \times 900 \mu\text{m}$ 의 자이로스코프가 바닥으로부터 완전히 부상한 모습을 나타낸다<sup>[16]</sup>. DDMS 코팅에 의해 36개의 자이로스코프가 모두 접착이 없이 릴리즈가 되었으며 SEM에 의해 2  $\mu\text{m}$ 의 희생층이 제거된 후 완전히 떠 있음을 알 수 있다.

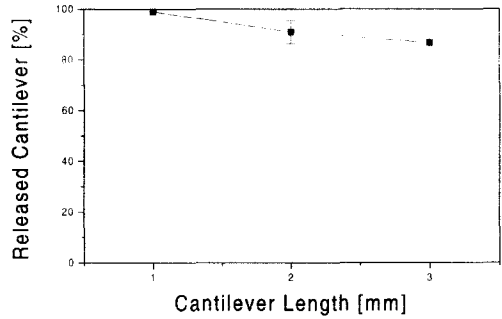


그림 7. DDMS 코팅을 한 빔의 길이가 3000  $\mu\text{m}$ 이고 폭이 20  $\mu\text{m}$ 인 외팔보의 수율. SEM을 이용하여 접착이 일어나지 않은 외팔보의 숫자를 세어서 나타낸 결과이다

Fig. 7. Yield of DDMS coated cantilever beams. The released cantilever beams were counted by SEM. The 3000  $\mu\text{m}$  long and 20  $\mu\text{m}$  wide cantilever beams arrays are successfully released more than 90%.

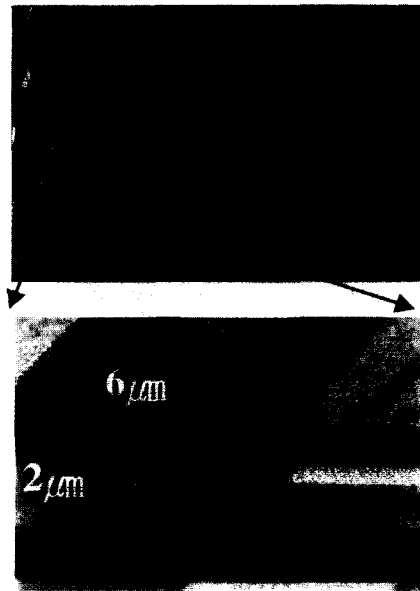


그림 8. 700  $\mu\text{m} \times 900 \mu\text{m}$  자이로스코프 바닥으로부터 완전히 부상한 모습의 SEM 사진

Fig. 8. 700  $\mu\text{m} \times 900 \mu\text{m}$  Gyroscope array.

### 3. 열적 안정성(Thermal stability)

온도의 변화에 따른 물의 접촉각의 변화를 통해 5분 동안 핫플레이트에서 450  $^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 올려서 열적 안정성을 측정하였다. 측정 결과 접촉각이 FDTS와 비슷한 결과임을 알 수 있고 DDMS는 소수성 부분과 열에 대한 안정성, 단층막의 형성등의 부분에서 FDTS SAM과 대부분 대등한 성질을 나타내며 표 2에서와 같

이 코팅 시간과 가격 면에서는 오히려 우월함을 보인다<sup>[11]</sup>. 뿐만 아니라, 안정성이 뛰어나서 높은 농도의 용액으로 습기와 산소가 제거되지 않은 환경에서 공정을 진행하더라도 결과에 영향을 거의 주지 않으며, 단층막의 온도 의존성도 상대적으로 낮다.

표 2. DDMS와 FDTS의 코팅시간 비교  
Table 2. Comparason with coating time for DDMS and FDTS.

| Sequence                | DDMS   |                              | FDTS  |                 |
|-------------------------|--|------------------------------|---|-----------------|
|                         | Process  | Time                         | Process   | Time            |
| Sacrificial Layer Etch* | 49% HIF  | 10 min                       | 49% HF  | 10 min          |
| Surface Oxidation       | H <sub>2</sub> O rinse                               | 10 min                       | H <sub>2</sub> O rinse  | 10 min          |
|                         | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> rinse                  | 10 min                       | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> rinse<br>H <sub>2</sub> O rinse | 15 min<br>5 min |
| DDMS, FDTS Formation    | 2-Propanol rinse<br>Iso-octane rinse<br>DDMS mixture | 1.5 min<br>1.5 min<br>10 min | 2-Propanol rinse  | 5 min           |
|                         |  |                              | Iso-octane rinse  | 5 min           |
|                         |  |                              | Iso-octane rinse  | 5 min           |
|                         |  |                              | FDTS mixture  | 10 min          |
|                         |  |                              | Iso-octane rinse  | 5 min           |
| Rinse and Dry           | Iso-octane rinse<br>Hot plate                        | 2.5 min<br>1 min             | 2 Propanol rinse  | 5 min           |
|                         |  |                              | H <sub>2</sub> O rinse  | 5min            |
|                         |  |                              |   |                 |
| Total                   |  | 46.5 min                     |   | 90 min          |

\* 희생층 식각 시간은 희생층 두께에 따라 다를 수 있음

그림 9에서는 각각의 물질들에 대한 열적 안정성을 보여주고 있다. 일반적으로 FDTS와 같이 C-F 결합으로 이루어진 테프론 계열의 화합물은 산화나 환원반응에 안정한 내화학성과 열에 안정한 내열성 등을 보이는 안정한 구조를 갖는다. 이에 반해 OTS의 경우에는 열을 가하면 공기 중에 산소와 반응하여 쉽게 산화되면서 분해되기 때문에 열에 대한 안정성이 급격히 떨어지는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 골격을 이루는 C-C 결합의 결합 에너지에서 차이가 나기 때문인데, FDTS의 C-C 결합은 주위의 불소의 영향으로 OTS의 C-C 결합보다 강하다. DDMS의 경우에는 탄소가 하나로 구성되어 있기 때문에 열을 가해도 쉽게 산소와 반응하지 않는다. 따라서 FDTS와 같이 높은 온도에서도 열안정성을 보이는 것이다.

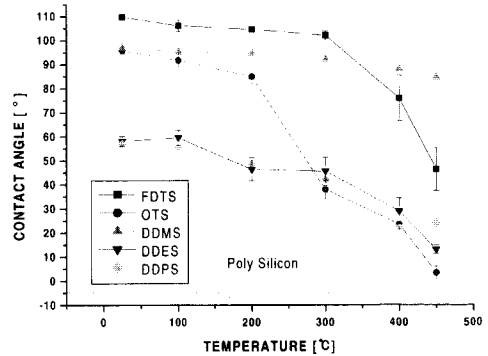


그림 9. 열적 안정성. DDMS 코팅된 표면은 450 °C에서도 90 이상의 접촉각을 보인다. 물의 접촉각은 N2가 가득 차 있는 드라이박스 안에서 측정하였다

Fig. 9. Thermal stability. Water contact angle of DDMS coated surfaces keeps higher than 90 upto 450 °C.

4. 지속성 측정

그림 10은 DDMS 코팅된 외팔보의 지속성을 확인하기 위해서 6개월 동안 대기중에 둔 시편을 표면의 물의 접촉각을 통해서 특성을 평가하였다. 6개월 후의 접촉각이 90° 이상을 유지함을 알 수 있으며 이것은 여전히 소수성임을 의미한다.

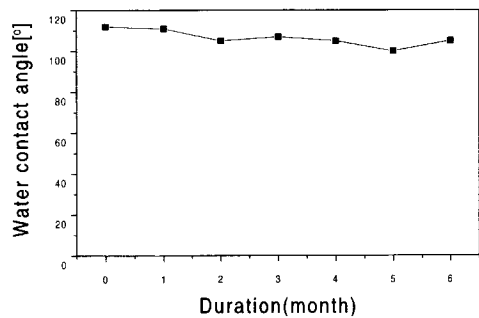


그림 10. 6개월동안 측정된 물의 접촉각을 통한 지속성

Fig. 10. Durability for six month by measured contact angle.

V. 결 론

본 논문에서는 초소형 구조물의 접착 방지 현상에

대한 모델과 점착방지 현상을 줄이기 위하여 화학물질을 이용한 표면개질 방법 중 하나인 DDMS를 이용한 새로운 코팅 방법을 제시하였다. 일반적으로 점착방지 현상을 측정하기 위해 사용되는 외팔보를 3 mm까지 제작하여 점착현상을 방지 하였으며 온도와 지속성에 대한 측정과 더불어 여러 구조물에 응용을 하였다. 따라서 새로 제안된 방식은, 첫째 DDMS의 알킬체인이 작아서 온도에 대한 영향이 거의 없다. 둘째 덩어리가 지는 현상이 없다. 그러므로 시약의 지속성이 길어진다. 셋째 가격이 저렴하고 공정시간이 작다. DDMS는 현재 자기 집합 방식으로 적합하다고 추천되고 있는 FDTS 보다 실제 공정에 더 알맞은 특성을 보이는 물질이라 생각된다.

#### ※ 감사의 글

본 논문의 다결정 실리콘 공정은 마이크로시스템 기술센터의 제2차 MEMS MPC를 이용하여 수행하였음. 또한 교육부 과제인 정전용량형 실리콘 가속도계 과제(98-E-4101)와 국방과학연구소(ADD) 과제인 유도무기 관성항법장치용 실리콘 가속도계 및 자이로 스코프 개발(AC-041)의 일부 지원으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. Maboudian and R. T. Howe, "Critical Review: Adhesion in surface micromechanical structures", J. Vac. Sci. Technol. 1997, B 15, pp1-3.
- [2] Gregory T. Mulhern, David S. Soane, and Roger T. Howe, "Supercritical Carbon Dioxide Drying of Microstructures", The 7th International Conference on Solid-state Sensors and Actuators, pp296-298.
- [3] Y.-I. Lee, K.-H. Park, J. Lee, C.-S. Lee, H.-J. Yoo, C.J. Kim, and Y.-S. Yoon, "Dry Release for Surface Micromachining with HF Vapor-Phase Etching", J. MEMS, vol. 6, No. 3, September 1997, pp226-233.
- [4] Y. Yee, K. Chun, D. Lee, and C. Kim, "Polysilicon surface-modification technique to reduce sticking of microstructures", Sensors and Actuators, Vol. A-52, pp145-150, 1996.
- [5] Y. Yee, M. Park, and K. Chun, "A Stiction Model of Suspended Polysilicon Microstructure Including Residual Stress Gradient and Postrelease Temperature", J. MEMS, vol.7, no.3, September 1998, pp339-344.
- [6] M. R. Houston, R. Maboudian and R. T. Howe, J. App. Phys. 78, 3801 (1995).
- [7] R. M. Wallace, et al., J. Vac. Sci. Technol. A 13, 1345 (1995).
- [8] Piu Francis Man, Bishnu P. Gogoi, and Carlos H. Mastrangelo, "Elimination of Post-Release Adhesion in Microstructures Using Conformal Fluorocarbon Coatings", J. MEMS, vol. 6, No. 1, March 1997, pp25-34.
- [9] M. R. Houston, R. Maboudian and R. T. Howe, Proc. IEEE. Solid State Sensor and Actuator Workshop, Hilton Head, SC, USA, 1996, 42.
- [10] P. Clchet, et al., Sensors and Actuator A 44, 77 (1994).
- [11] U. Srinivasan, M. R. Houston, R. T. Howe and R. Maboudian, "Self-Assembled Fluorocarbon Films for enhanced stiction Reduction", Transducers 97, pp1399-1402.
- [12] U. Srinivasan, M. R. Houston, R. T. Howe and R. Maboudian, "Alkyltrichlorosilane-Based Self-Assembled Monolayer Films for Stiction Reduction in Silicon Micromachines", J. MEMS, vol. 7, No. 2, June 1998, pp252-260.
- [13] A. N. Parikh, D. L. Allara, I. B. Azouz and F. Rodelez, "An Intrinsic Relationship between Molecular Structure in Self-Assembled n-Alkylsiloxane Monolayers and Deposition Temperature", J. Phys. Chem. vol. 98, pp.7577-7590, 1994.
- [14] J. B. Brzoska, I. B. Azouz and F. Rodelez, "Silanization of Solid Substrates: A Step toward Reproducibility", Langmuir, vol. 10, pp.4367-4373, 1994.
- [15] B. Kim, C. Oh, K. Chun, T. Chung, J. Byun, and Y. Lee "A new class of surface modifiers

for stiction reduction", IEEE international workshop on MEMS, pp189-193, 1999.

[16] 김서규, 전국진, "A mechanically decoupled gyroscope array", 제1회 MEMS 학술대회, 서울, 1999, pp233-239

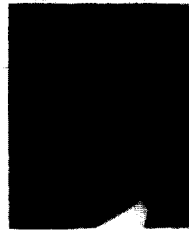
저 자 소 개



金 奉 煥(正會員)

1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사. 1999년 2월 : 서울대학교 전기공학부 공학석사. 1999년 3월~ 현재 : 서울대학교 전기공학부 박사 과정. 주관심 분야 : Anti-stiction, Hard Disk Drive-용 second

actuator, Silicon direct bonding, MEMS sensor



全 國 鎭(正會員)

1977년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사. 1981년 8월 : University of Michigan 공학석사. 1986년 5월 : University of Michigan 공학박사. 1986-1989 : 워싱턴 주립대 조교수. 1989-1994

: 서울대학교 전자공학과 조교수. 1994~현재 : 서울대학교 전기공학부 부교수, 교수. 1997~현재 : 서울대학교 마이크로시스템기술센터 센터장. (사) 한국센서학회 이사. 공업기반기술사업 기획평가단 위원. Journal of Micromechanics and Microengineering Associate Editor. 주관심 분야 : Sensor, E-beam lithography, RFMEMS, BioMEMS



吳 昌 勳(正會員)

1998년 2월 : 인하대학교 전자공학과 공학사. 2000년 2월 : 서울대학교 전기공학부 공학석사. 2000년 2월~ 현재 : 한국전산원 근무. 주관심 분야 : Anti-stiction, Vacuum Packaging



吳 龍 洙(正會員)

1981년 2월 : 한양대학교 무지재료 공학과 졸업. 1992년 일본 나가오카 과기대 전자재료 박사. 1993년 일본 나가오카과기대 조수. 1985~1990 일본찌찌부시멘트 중앙연구소근무. 1994~현재 삼성종합기술원 MEMS

Lab 수석연구원 전국진. 1977년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사. 1981년 8월 : University of Michigan 공학석사. 1986년 5월 : University of Michigan 공학박사. 1986-1989 : 워싱턴 주립대 조교수. 1989-1994 : 서울대학교 전자공학과 조교수. 1994 현재 : 서울대학교 전기공학부 부교수, 교수. 1997 현재 : 서울대학교 마이크로시스템기술센터 센터장. (사) 한국센서학회 이사. 공업기반기술사업 기획평가단 위원. Journal of Micromechanics and Microengineering Associate Editor. 주관심 분야 : Sensor, E-beam lithography, RFMEMS, BioMEMS