

MEMS Device 의 소수성과 친수성을 위한 표면 에너지 제어 Surface Energy Control for Hydrophobic and Hydrophile of MEMS Device

*한아름^{1,2}, #이혜진¹, 이낙규¹, 송정환¹, 박영필², 박경수²

*A. R. Han¹, #H. J. Lee(naltl@kitech.re.kr)¹, N. K. Lee¹, J. H. Song¹, Y. P. Park², G. S. Park²,

¹ 한국생산기술연구원 융복합기술연구본부 ² 연세대학교 기계공학과

Key words : EWOD, Electrowetting-on-dielectric, Hydrophobem Hydrophile, CF gas, Ar gas, Surface energy, Contact angle

1. 서론

최근 인간 삶의 질적 향상과 고령화에 대처할 수 있는 system 으로 반도체와 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 공정을 이용한 화학 및 생화학적 분석 시스템 즉, 마이크로 칩 위에 구성하는 마이크로 유체 제어 시스템 (Microfluidic system)의 관련 기술이 큰 관심을 받을 것으로 예상되고 있다. 이런 시스템은 시료 분석에 수반되는 모든 과정들 (시료 전처리, 반응, 분리, 검출 등)이 연속적으로 수행될 수 있고, 분석 시간이 수초~수분으로 매우 짧아지며, 분석에 사용되는 시료의 양이 ul~pl 정도로 매우 적어 경제적 및 환경 친화적인 분석 기술이다. 또한 소형-저전력이어서 휴대가 가능하고, 제조와 운용에 비용이 적게 들며, 대량생산이 용이하다는 특징이 있다.³⁾

마이크로 유체 제어 시스템(Microfluidic system)의 대표적인 전기습윤(EWOD: Electrowetting-on-dielectric)에서 액적의 접촉각 변화는 삼상 접촉선(three-phase contact line)에 작용하는 전기력에 의해서 발생된다. 전기력은 전기습윤장치의 전극과 가해지는 전압에 의해 생기는데, 전압을 인가해주지 않았을 때 표면만의 성질을 고려해 본다면, 접촉각 변화를 결정짓는 요인으로는 표면에너지와 표면 거칠기를 들 수 있다.

이 표면에너지를 다루는데 있어서 소수성(Hydrophobic)은 초기 접촉각을 크게 해주어 액적의 이동에 중요한 역할을 한다. 대부분의 소수성(Hydrophobic) 소재로 초기접촉각이 120° 인 Teflon 을 사용하고 있다.¹⁾ 그러나 전기습윤의 전체적인 장치를 구성할 때 본당의 문제를 가지고 있다.

본 연구에서는 MEMS 공정으로 전기습윤에 적용할 수 있는 환경의 시편을 제작하고, Carbon fluoride gas 의 소수성(Hydrophobic) 표면처리와 Argon gas 의 친수성(Hydrophile) 표면 처리하여 표면 에너지가 어떻게 변화했는지 접촉각 측정을 통해 비교하였다.

2. 실험장치

2.1 소수성을 위한 CF gas 의 시편 제작

전기습윤에 적용할 수 있는 환경의 시편을 제작하기 위해서 반도체 공정을 이용하였다. 우선 4inch 유리 웨이퍼 위에 전극 층을 2000Å 쌓고, 그 위에 절연층인 Silicon Nitride 를 3500~4000Å 쌓았다. 이것을 4 개로 자른 후 C₄F₈ gas 80sccm 를 플라즈마 장비 1 에서 6mTorr 로 각각 1 분, 3 분, 5 분, 7 분 처리를 했다.

2.2 친수성을 위한 Ar gas 의 시편 제작

7 분 CF gas 처리를 한 시편 표면에 Ar gas 표면처리는 본 원에 있는 플라즈마 장비를 사용하였다. 플라즈마 건과 시편의 간격은 2~5mm 로 유지하였고, 속도는 22mm/sec, RF Power 200W, Gas Inlet Pressure 40psi 로 친수성 표면처리를 했다.

플라즈마 처리한 횟수에 따라 표면에너지의 변화를 측정하기 위하여 그림 Fig.2 에서 보는 바와 같이 4 개로 분할 하였다. Ar gas 로 플라즈마 한번 처리한 것을 Ar 1, 두 번 처리한 것을 Ar 2 로 명명하였고, 이하 3 번, 4 번의 처리도 같다.

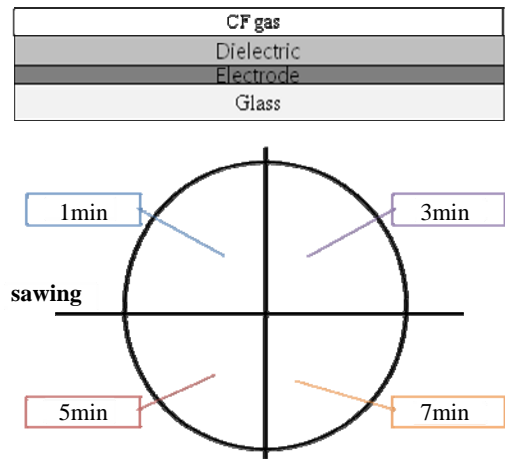


Fig. 1 Device manufacture of Carbon fluoride gas for Hydrophobic

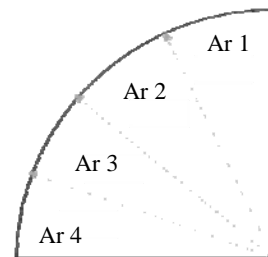


Fig. 2 Device manufacture of Argon gas for Hydrophile

3. 실험방법 및 실험 결과 분석

3.1 실험방법

접촉각 측정 방법은 시편을 올려놓을 수 있는 측정대와 액적을 떨어뜨릴 수 있는 주사기, 그리고 액적이 시편에 닿자마자 접촉각을 읽어드리는 Camera 가 장착되어 있는 기존의 장비를 사용하였다.

실험할 시편을 측정대에 올려놓고 3axial stage 로 조절하여 고정된 Camera 의 위치에 맞춘 후 액적을 떨어 뜨려 시편과 액적 간의 접촉각을 측정한다. 실험에 사용된 액적은 DI water 이며 1nl 를 사용했다.

3.2 CF gas device 에서의 접촉각 측정 결과 분석

Graph.1 은 반도체공정을 통해 제작된 기본시편 위에 CF gas 를 각각 1 분, 3 분, 5 분, 7 분 처리한 시편의 대표적인 실험 data 이다. 실험은 각각 5 번에서 7 번씩 수행 되었고, 2 초당 한 번씩 data 를 측정했다.

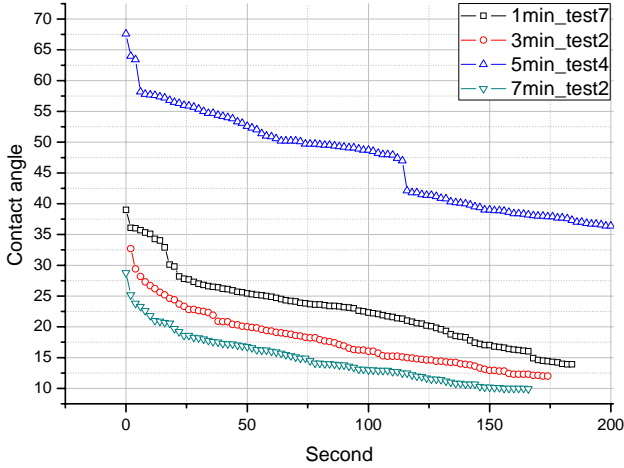
실험 결과 1 분, 3 분, 7 분의 data 는 순차적으로 초기 접촉각이 낮아짐을 한눈에 알 수 있었다. 그러나 5 분의 data 는 다른 data 의 순차적인 결과와는 전혀 상관없이 현저하게 초기 접촉각이 큼을 알 수 있었다. Fig.3 은 각각의 실험에서의 초기 접촉각 이미지이다.

3.3 Ar gas device 에서의 접촉각 측정 결과 분석

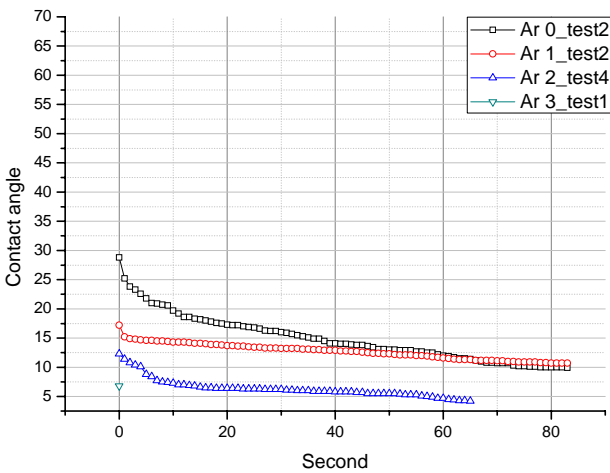
Graph.2 는 CF gas 가 7 분 처리된 시편을 4 개로 분할 하여 Ar gas 를 플라즈마 처리한 시편의 대표적인 실험 data

이다. 실험은 각각 3 번에서 5 번 수행되었고, 1 초당 한번씩 측정했다.

실험 결과 초기 접촉각은 Ar gas 플라즈마 처리를 하지 않았을 때 보다 처리 1 번을 한 것이 작았고, 두 번 처리한 것이 더 작았다. 그리고 3 번 처리한 초기 접촉각은 한번 측정된 후 더 이상 data가 측정되지 않았고, 4 번 처리한 시편은 접촉각이 전혀 측정되지 않았다.



Graph.1 Contact angle measurement of CF gas specimens



Graph.2 Contact angle measurement of Ar gas specimens

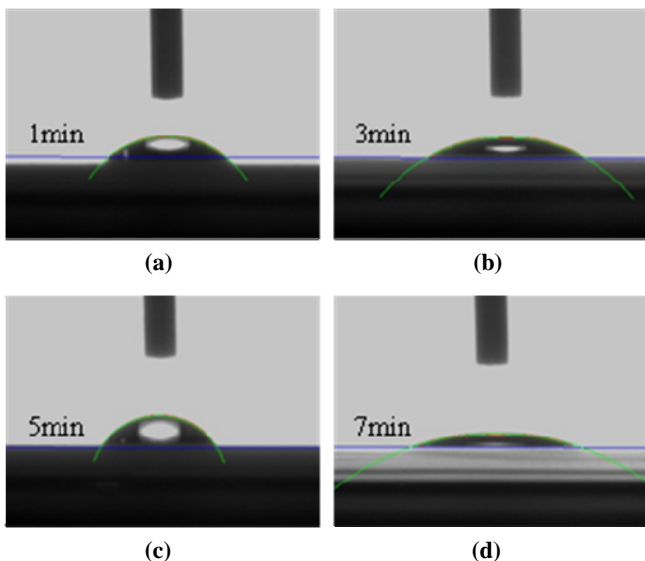


Fig. 3 Contact angle image of CF gas specimens :

- (a) Initial contact angle image of 1min CF gas surface treatment,
- (b) Initial contact angle image of 3min CF gas surface treatment,
- (c) Initial contact angle image of 5min CF gas surface treatment,

(d) Initial contact angle image of 7min CF gas surface treatment,

4. 결론

표면 친수성(Hydrophile)을 만들기 위해 Ar gas 처리한 시편들의 접촉각을 측정할 수 있었고, 그에 따른 표면에너지를 비교할 수 있었다.

표면 소수성(Hydrophobic)을 위해 CF gas 표면처리한 시편들의 접촉각을 측정할 수 있었고, 처리한 시간에 따라 접촉각이 순차적으로 증가하거나 감소하지 않다는 것을 알았다. 또한 CF gas 표면 처리는 기존의 표면 소수성(Hydrophobic)을 위한 소재들보다 큰 초기 접촉각을 갖지 않았다.

5. 후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 융복합생산기술연구부 미세제조공정팀이 주관하고 있는 차세대 패키징 연구과제로 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Benjaminy, S., Hyejin, M., Robin ,G, and "CJ" , K., "Modeling of electrowetted surface tension for addressable microfluidic systems: dominant physical effects, material dependences, and limiting phenomena" IEEE, **19-23**, 201-205, 2003.
2. Hyejin, M., Sung Kwon, C., Robin L. G, "CJ", K., "Low voltage electrowetting-on-dielectric", Journal of applied physics, **92**, 4080-4087, 2002.
3. 박종관, "플라즈마 처리한 고분자 복합재료의 표면특성 변화", 대한전자공학회, **44**, 6-11, 2007.
4. 하선우, 이상민, 정입덕, 정필구, 고종수, "다양한 형태의 실리콘 미세 구조물을 이용한 초소수성 표면형상 구현", 대한기계학회, **31**, 679-685, 2007