

박막 공정을 이용한 초소형 작동형 내시경의 Micro Wiring System의 개발

The Development of Micro Wiring System for Micro Active Endoscope

정석*, 장준근**, 한동철*

* 서울대학교 기계설계학과

** 서울대학교 정밀 기계설계 공동 연구소

Seok Chung*, JunKeun Chang**, DongChul Han*

* Seoul National Univ. Dept. of Mechanical Design and Production Engineering

** Seoul National Univ. Inst. of Advanced Machinery and Design

Abstract

In the field of Micro-Mechanics, it has been known difficult to integrate the micro-machine with sensor and source line for the conventional copper line cannot be used in compact and small size. We developed a system to make the thin copper film as a connect line on the polyurethane pipe (2mm in diameter) by the evaporation technique. This system consists of an evaporation chamber, two long branches, substrate holder and a Linear-Rotary motion feedthrough. The results showed that thin copper film coated polyurethane pipe could be applied to the small medical devices such as the micro active endoscope.

Key Words : Evaporation, Polyurethane, Micro Active Endoscope, Micro-Wiring, Copper Film

1. 서론

일반적으로 물체의 표면에 금속의 얇은 박막을 형성하는 기술은 전기와 재료 등의 여러 분야에서 다양한 응용범위를 대상으로 연구되어 왔다. 특히 반도체 공업에서 소자사이를 전기적으로 연결하기 위해 Al과 Cu 박막의 형성이 연구되어 왔고, 공구나 여러 기계 재료 등의 표면에 열과 마멸에 강하거나, 윤활특성이 좋은 박막을 형성하는 연구들이 이루어져 왔다. 또한 마이크로 머신에 관해서는 surface micro-machining을 중심으로 Si 혹은 SiO₂ 등의 박막들이 이용되어 wafer상에서 극히 작은 기계요소들 - 모터나 기어, 마이크로 자이로, 센서등등 - 을 제작하는 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

그러나 이러한 박막들의 활용은 상당히 제한되어 있다. 특히 반도체 공업에서 발전된 surface micromachining의 기술들은 2차원적인 wafer상에서 이루어지며, 재료도 Si계열로 한정되어 있기 때문

에 3차원 요소들로 이루어진 기계공학의 제 분야에 직접적으로 응용하기 어려우며, 특히 공구의 코팅기술로 응용되는 박막들은 대부분 고온 CVD공정을 이용하여 고온 고강도의 공구강에 무기질 재료의 박막을 부착시키는 것이므로 다양한 재료와 형상이 요구되는 마이크로 머신의 제작과 직접적인 연관성을 찾기는 무척이나 어려운 것이 사실이다. 본 논문에서는 박막기술을 응용하여 작은 polymer 파이프 상에 구리 박막을 형성함으로써 마이크로 머신을 여러 상황에서 응용할 때에 - 특히 초소형 작동형 내시경의 선단부 작동을 위한 전원선과 센서선의 연결을 위해 - 기본적으로 활용될 신호선과 전원선 매립을 위한 기초 연구에 대해 다루었다.

2. 공정의 선택

표1은 반도체 공업에서 박막 증착 시 사용되는 여러 공법들을 비교한 것이다.

사 항	CVD	Sputtering	Ion plating	Thermal Evaporation
1. 증착 원자의 형성	화학 반응	Momentum transfer	열에너지	열에너지
2. 증착 속도	높다	매우 낮다	매우 높다	매우 높다
3. 증착 원자	원자	원자와 이온	원자와 이온	원자와 이온
4. 복잡한 형상 가공	매우 좋다	특별한 설계가 필요하다	좋은 편이다	나쁘다
5. 원통형 형상 가공	매우 좋다	전극의 역할을 하기 위한 특별한 설계가 필요하다	특별한 설계가 필요하다	시편의 회전운동이 필요하다
6. 증착 원자 에너지	보통	매우 높다	매우 높다	낮다
7. Substrate 의 온도	높다	낮다	낮다	낮다
8. 증착 박막의 순도	높은 편이다	낮은 편이다	낮은 편이다	높다
9. 증착 박막의 두께	고르지 않다	고르지 않다	고르지 않다	고르다
10. 전극 등 일정한 패턴의 형성	불가능하다	가능하지만 어렵다	가능하지만 어렵다	쉽게 가능하다
11. 안전성	유독물질을 사용	약간의 유독물질	약간의 유독물질	안전하다

표 1. 단위 공정들간의 비교

박막의 형성은 크게 물리적인 공정과 화학적인 공정으로 나뉘며, 물리적인 공정은 evaporation과 sputtering 공법으로 또 다시 나뉜다. 화학적인 공정의 대표적인 것은 CVD인데, 표 1에서 보는 것과 같이 많은 장점이 있기는 하지만, substrate의 표면에서 화학적인 반응을 일으켜야 하므로 substrate를 고온으로 유지해야 하는 문제점이 있다. 따라서 substrate로 여러 다양한 기계요소를 적용하기에는 열팽창, 변형 등의 문제가 있으며, polymer에 증착시키는 것이 불가능하므로 본 공정은 제외하였다.

Sputtering역시 반도체 공정에서 쓰기에는 많은 장점이 있다. 하지만, 일반적인 기계 요소나 polymer를 대상으로 사용하기에는 plasma의 특성을 파악하기가 너무 어려워 컨트롤이 힘들고, mask를 사용하는 것이 어렵기 때문에 고려하지 않았다.

3. 실험

그림 1은 시스템을 제작하기 위해 UniGraphics 3차원 CAD 프로그램으로 설계한 형상이다.

가운테의 챔버는 evaporation 챔버이며, 양 끝에는 길이 1m의 polymer 관이 왕복할 수 있도록 관을 설치하였다. 관의 양쪽 끝에는 시편의 장착이 가능하도록 작은 챔버와 door를 설치하였으며 시편에 회전과 왕복운동을 가해주기 위해 Linear-Rotary Motion Feedthrough (Huntington Co.) 를 설치하여 가운데 시편 고정기와 연결하였다. 시편 고정기는

polymer 관의 양 끝에 동시에 회전운동이 인가되면서, 전체가 linear방향으로 움직일 수 있도록 하였으며, 냉각장치를 설치하였다.



그림 1. evaporation chamber의 형상

진공 배기를 위하여 Varian사의 turbomolecular pump V550과 mechanical pump를 사용하였고, 측정에는 Balzers의 multi-gauge를 사용하였다. 배기는 4×10^{-5} 까지 가능하며 evaporation에는 충분한 진공도를 보장한다.

사용한 시편은 polyurethane (Pellethane, Dow Chemical Co.) plate와 직경 2mm, 내경 1mm, 길이 100mm인 관을 이용하였다. Pellethane은 생체 적합성 polymer로서 표면이 매우 안정되어 있기 때문에

인체에 삽입하는 기구의 재료로서 주로 사용된다. 그러나 Pellethane은 표면의 안정성 때문에 박막이 잘 형성되지 않으며, 박막형성을 주로 연구하는 재료 및 전자공학 분야에서 전혀 연구되지 않아 왔다. 본 실험에서는 Pellethane plate를 이용하여 증착 성능과 mask 이용의 가능성을 살펴보았으며, 실제로 Pellethane판을 회전시키면서 구리를 증착 시켰다. 그림 2는 판의 회전을 위해 설계한 기구의 개략도이다.

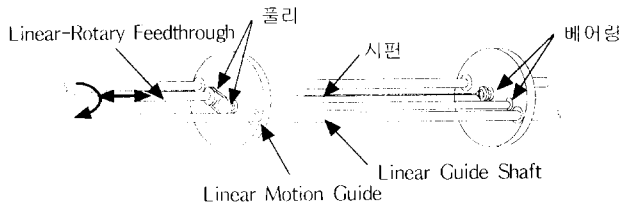


그림 2 Linear-Rotary 이송 기구의 개략도

또한 실험에서 사용한 polyurethane은 다른 일반적인 polymer(특히 전자공학에서 주로 사용되는 polyimide)에 비해 구리와와의 결합에 이용되는 C=O 결합의 양이 적음을 표면 분석 시험 장비인 ESCA를 이용하여 확인하였다.

증착 재료로는 99.999% 순도의 구리(PureTek Co.)를 이용하였고, 실험 전에 에탄올을 이용하여 시편을 세척하였다.

4. 실험 결과

본 시스템을 이용하여 구리의 박막을 원통형상의 Pellethane 시편에 형성할 수 있었다.



그림 3. 증착된 구리의 표면 (X375)

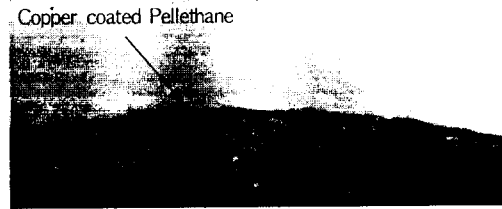


그림 4. 구리가 형성된 Pellethane 판의 단면 (X360)

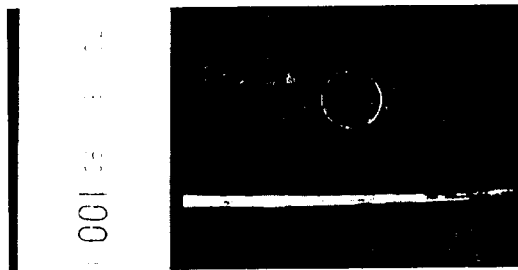


그림 5. 구리가 증착된 Pellethane 판

이미지는 Biomedlab의 BIPs 이미지 처리 프로그램과 Olympus Stereo MicroScope로 획득하였다.

본 system으로 제작한 박막의 경우, 증착물은 증착시의 조건-진공도, 마스크의 개폐 여부, boat의 온도-에 따라 다르며, 공급된 구리의 양에 따라서도 차이가 생긴다. 증착 시간을 측정한 뒤, 반도체 공정 연구소의 Alpha-Step을 사용하여 박막의 두께를 측정하는 방법으로 증착률을 계산하였으며, 대략 $1\mu\text{m}/\text{min}$ 정도 증착되는 것으로 계산되었다.

그림 5는 구리가 부착된 직경 2mm의 Pellethane 판의 사진이며, 위의 원판은 증착 이전의 Pellethane을 보여주고 있다. 증착된 판의 경우 구부러거나 퍼도 막이 떨어지지 않았으며 막 바깥쪽에 polymer로 얇게 coating 할 경우 자유롭게 사용할 수 있었다. 다만 판을 양쪽에서 잡아당길 경우나 torsion을 줄 경우에는 외부 coating이 없는 상태에서는 막이 얇게 갈라지는 현상을 보였다.

그림 7과 8은 시각 공정으로 제작한 마스크를 이용하여 Pellethane plate 상에 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 의 작은 pattern을 형성한 것을 보여준다. 또한 본 시스템은 원통형상의 기계요소 표면에 구리의 작은 pattern을 형성할 수 있으며, 기존의 가공기술로는 불가능했던 소형 캐패시턴스 센서를 제작하거나 여러 배선 요소

들을 직접 기계요소상에 형성시키는 것도 가능하다.

5. 결 론

초소형 작동형 내시경의 표면에 센서선과 전원선을 만들기 위해 가느다란 원통형 Polymer 물체의 표면에 구리의 얇은 막을 만드는 evaporation system을 제작하였다. 치밀하고 부착성이 좋은 구리의 박막이 직경 2mm의 Pellethane관 표면에 증착되었으며, 일정한 pattern 형성도 가능하였다.

6. 참고 자료

1. N. Inagaki, S. Tasaka and K. Hibi, *Plasma Surface Modification of Polymers*, 275-290, 1994
2. S. Stafström, P. Bodö, W. R. Salaneck, and J. L. Brédas, *Metallization of Polymers*, 312-331, 1990
3. Donald F. Foust and William V. Dumas, *Metallization of Polymers*, 485-499, 1990
4. N. J. Chou and C. H. Tang, *Journal of Vacuum Sci. Technology*, 751-755, 1984
5. N. J. Chou, D. W. Dong, J. Kim and A. C. Liu, *Journal of Electrochem. Soc.*, 2335-2340, 1984
6. R. Haight, R. C. White, B. D. Silverman and P. S. Ho, *J. Vacuum Sci. Technology*, 2188-2199, 1988
7. Y. -H. Kim, J. Kim, G. F. Walker, C. Feger and S. P. Kowalczyk, *J. Adhesion Sci. Technology*, 95-105, 1988
8. F. Faupel, C. H. Yang, S. T. Chen and P. S. Ho, *J. Applied Physics*, 1911-1917, 1989
9. H. Hiraoka and S. Lazare, *Applied Surface Science*, 264-271, 1990
10. N. Inagaki, S. Tasaka and K. Hibi, *J. Polym. Chemistry*, 1425-1431, 1992
11. C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley, 5th ed, 1976
12. R. F. Bunshah, *Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings*, Noyes Pub., 2th ed, 1994
13. G. Hass, R. E. Thun, *Physics of Thin Films*, Academic Press, Vol 2, 1964
14. M. S. Tyagi, *Introduction to Semiconductor Materials and Devices*, John Wiley & Sons, 1991
15. 이종덕, *실리콘 직접회로 공정기술*, 대영사, 1993



그림 6. 반복적인 Bending Stress로 인한 표면의 균열 (X75)



그림 7. 마스크로 형성한 Micro-Pattern (X75)



그림 8. Micro-Pattern의 확대형상 (X460)