

# 정전형 마이크로 릴레이용 Ni 후막 구조체의 제조공정

이종현\*, 박경호, 이용일, 최부연, 이재열, 최상수, 유형준  
한국전자통신연구소, 반도체연구단

Fabrication process of nickel structures for a electrostatic micro relay

J. H. Lee, K. H. Park, Y. I. Lee, B. Y. Choi, J. Y. Lee, S. S. Choi, H. J. You  
ETRI, Semiconductor Division

Abstracts - Nickel micro-structures are fabricated by electroless plating which shows better uniformity. Positive resist AZ4562 of 7 um thickness is patterned with minimum width of 2 um on poly-silicon as for sacrificial layer. The growth rate of Ni electroless plating is 10um/h both for the seed layer of Pt and TiW. TiW is found to be more practical than Pt, since it is very difficult to remove Pt with negligible damage to Ni structures.

실제 산업분야에서 기능 도금으로 많이 사용되고 있는 Ni는 일반적으로 순수한 Ni보다 NiP(P=7~10%)와 NiB(B=0.2~7%)가 많이 사용되는데, NiB는 NiB도금은 NiP 도금에 비해 상대적으로 순수한 니켈피막을 얻을 수 있어 전기적 특성(접촉저항)이 우수하다고 알려져 있다.[5] 반면 NiP는 NiB 도금에 비해 연구가 많이 되어 보다 재현성 있는 도금결과를 얻을 수 있으며, 무전해 도금용액도 상대적으로 싸다는 장점을 가지고 있다.[5]

## 1. 서 론

본 연구의 마이크로 릴레이에서는 전기적 특성의 개선 보다 구동에 대한 특성을 먼저 분석을 할 예정이다. 따라서 구조체인 Ni은 전기적 특성보다는 재현성 있는 특성이 더 중요하며, 따라서 본 실험에서는 무전해 도금을 이용한 NiP에 대하여 도금실험을 수행하였다.

본 연구에서는 정전 구동체의 electrode 및 구조체를 제작하기 위하여 간단하고 실용성있는 제작공정을 연구 개발하고자 한다. 마스크를 1장만 사용하여 구조체를 제작하는 방법으로는 Si 웨이퍼를 건식으로 식각하고 metal을 sputter시키는 제작공정이 있다.[1] 그러나 이것은 구조체로서는 문제가 없으나, 마이크로 릴레이와 같이 접촉저항을 낮추기 위하여 낮은 전기전도도를 동시에 요구하는 소자에는 적합하지 않게 된다.[2]

## 2. 실험 방법

따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 무전해 도금(electroless plating)으로 Ni 구조체를 제작하고 그 결과를 분석함으로써 MEMS의 응용 가능성을 확인하고자 한다.

### 2-1. Ni 후막 구조체의 제작공정

무전해 도금공정은 물리/화학증착에 비하여 호과적으로 수십µm의 두께를 만들 수 있으며, PR로 패턴을 형성할 경우 별도의 식각공정이 필요없다는 장점이 있다.

마이크로 릴레이 구조체를 형성하기 위한 공정은 그림 1과 같으며, 현재까지 진행된 공정은 Ni 무전해 도금까지이다.

전해도금(electroplating)에 비교해서는 전극의 연결이 불필요하므로 많은 웨이퍼에 동시에 도금이 가능하며, 특히 전류경로에 따른 도금두께의 불균일성이 작다는 특징이 있다.[3] 다만 도금율, 내부용력 등을 제어하는 공정변수가 온도, pH로 제한되며, 기판과의 접촉력운 제가 발생할 수 있다는 단점을 가지고 있다.

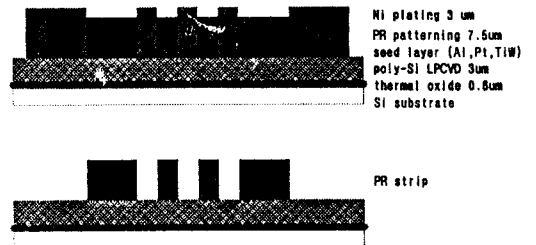


그림 1 Ni 구조체 제작을 위한 공정 순서  
Fig. 1 Process sequences for the fabrication of Ni structures

2-2. 무전해도금의 일반적인 공정순서

o 탈지공정

사용된 PR(Photo Resist)은 pH가 8.5이상인 용액에서 손상되므로 본 실험에서의 탈지공정은 모두 pH가 1인 산 탈지(UF-78 : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O = 10 : 15 : 5 : 70)를 사용하였다.

o 알카리 세척

본 실험에서 사용된 시편은 PR로 패턴이 형성되어 있어 PROI 손상되지 않도록 이 공정을 생략하였다.

o 활성화공정

흡착을 이용한 무전해 도금방식은 일반적으로 기관과의 접착력(adhesion) 문제가 있을 수 있으나, Al, Pt, TiW 등의 seed layer를 무전해 도금전에 도금하는 방법을 이용하면 접착력을 향상시킬 수 있다.

본 실험에서 사용된 활성화공정은, Pt와 TiW 기관인 경우, Cu 기관에 대한 활성화용액을 물로 희석시켜 사용하였다. Al 기관의 활성화는 아연 치환용액을 사용하였으며 이때의 pH는 11 정도이다.

o 무전해 Ni 도금

도금용액은 모두 Uemura사의 NIMUDEN SX이며, 도금은 도는 85-90℃로 pH는 4.6으로 고정하였다. 무전해 도금의 도금율은 온도가 높아짐에 따라 커진다는 특성이 있으며, 본 실험에서는 온도를 85℃ 정도로 유지하였다.

o Seed layer 제거공정

Seed layer로서 사용한 금속은 patterning으로 분리되어야 할 구조체를 바닥을 통해 연결하고 있어 도금후에는 반드시 제거해야 한다. 또한 Ni이 구동체로서 움직이기 위해서는 아래의 poly-SiO<sub>2</sub> 희생층(sacrificial layer)으로서 식각되어야 하므로, seed layer가 먼저 제거되어야 함을 알 수 있다.

3. 실험결과 및 분석

표 1 기관종류에 따른 Ni 무전해 도금실험 조건  
Table 1 Experimental condition of Ni electroless plating for various seed layer

번호	기관	탈지공정	활성화공정	무전해도금
1	Pt	3min	2min	85℃, 15min
2	Pt	-	3min	-
3	TiW	3min	2min	85℃, 15min
4	TiW	3min	2min	-
5	Al	5min	1min	-
6	poly-Si	HF 5%	3min	90℃, 15min
7	poly-Si	-	4min	85℃, 15min

본 실험에서 시행된 각 시편에 대한 실험조건은 표 1과 같다. 그림 2에 보인 PR 패턴에 대한 Ni 도금은 전처리공정인 탈지공정/활성화공정/무전해도금의 3가지를 모두 수행한 시편에서만 성공하였다. 각 시편의 도금높이는 비교적 균일하였으나 일부 표면은 거칠게 나타났다. 이는 수세를 탈이온수(deionized water)로 하지 않았을 뿐만 아니라, 도금용액을 filtering 하지 않아 실험이 진행되면서 불순물이 누적되어 그림 3과 같은 도금핵이 보다 많이 형성되었기 때문인 것으로 추측된다. 따라서 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 Pt가 TiW에 비해 도금이 균일하고 깨끗하게 된 것으로 보이나, Pt 시편을 TiW보다 먼저 진행하였기 때문에 불순물에 의한 영향으로도 해석할 수 있다.

Seed layer가 Al인 경우에는 활성화용액인 AZ-401 X4의 pH가 11로 측정되었다. 여기서 사용된 PR(Hoechst AZ4562)의 사용조건은 pH 8.5 이하인데, 실제의 실험결과에서도 PROI Al 활성화용액에 견디지 못하고 손상됨을 확인할 수 있었다.

무전해도금에서는 Pt와 TiW만이 성공하였으며, Pt위에서의 도금율은 그림 5에 보인 바와 같이 10um/h로 측정되었다. 다음의 Pt 제거는 건식식각으로는 불가능하여 왕수로 습식식각을 시도해 보았으나 Ni 역시 식각되는 문제점을 확인하였다. 따라서 TiW를 건식식각 또는 습식식각을 통해 제거하는 공정을 개발하여야 할 것이며, 현재로는 TiW의 습식식각으로는 HF 또는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 사용이 가능할 것으로 생각되나 추후 실험적인 확인이 요구된다.

4. 결론 및 향후계획

Poly-Si, Al, Pt, TiW 기관중에서 Pt와 TiW만이 무전해도금에 성공하였다. SEM 분석결과 대부분의 시편에서 패턴의 폭이 작아짐에 따라 도금된 높이도 낮음을 알 수 있었다. 이를 해결하기 위해서는 도금속도가 확산에 의해 좌우되지 않고, surface reaction control되도록 해야 함을 의미한다. 따라서 도금속도가 늦어지더라도 도금온도를 더 낮추어 패턴의 크기에 영향을 받지 않는 공정조건을 확립할 필요가 있다고 판단된다.

또한 도금표면이 거칠은 이유는 기관이 깨끗하지 않아서 기관위의 particle이 도금핵의 역할을 했기 때문으로 추측되며, 이는 도금공정을 clean room에서 수행하고 동시에 도금용액을 여과시킬 경우 해결될 수 있을 것이다.

본 연구결과는 정보통신부의 연구지원에 의한 것임을 밝힙니다.

참고 문헌

1. K. A. Shaw, Z. L. Zhang and N. C. MacDonald, "SCREAM : A Single mask, single-crystal silicon process for microelectromechanical structures," IEEE MEMS proceedings, pp. 155-160 (1993)
2. S. Roy and M. Mehregany, "Fabrication of electrostatic nickel microrelays by nickel surface micromachining," IEEE MEMS proceedings, pp. 353-357 (1995)
3. S. Furukawa, H. Miyajima, M. Mehregany and C. C. Liu, "Electroless plating of metals for micromechanical structures," The 7th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, pp. 66-69 (1993)
4. W. H. Safranek, "The properties of electro-deposited metals and alloys," chap.23, 2nd ed., AESF (1986)

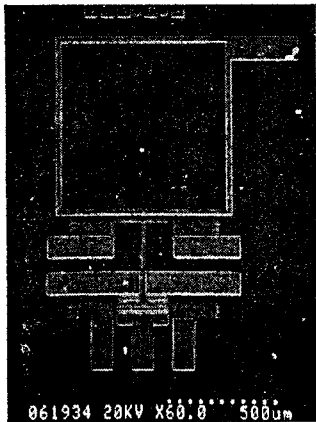


그림 2 활성화 공정 후의 poly-Si 표면  
Fig. 2 Poly-Si surface after activation process

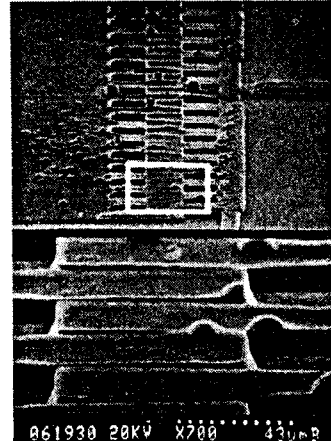


그림 4 무전해 도금된 Ni의 표면 (Pt seed layer)  
Fig. 4 Electroless plated Ni surface (Pt seed layer)

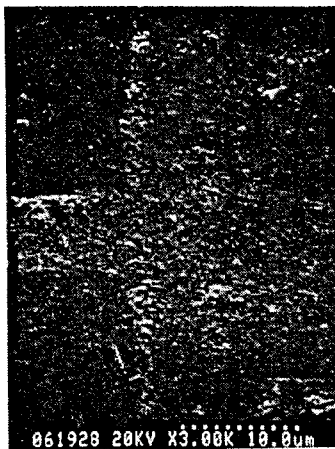


그림 3 활성화 공정 후의 TiW 표면  
Fig. 3 TiW surface after activation process

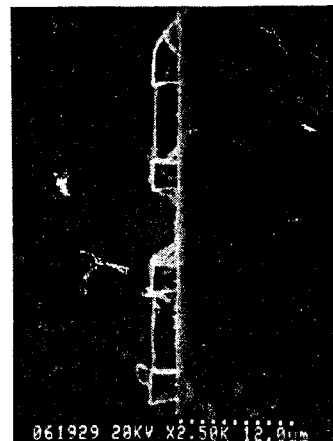


그림 5 무전해 도금된 Ni의 단면 (Pt seed layer)  
Fig. 5 Sectional view of electroless plated Ni structures (Pt seed layer)