

MEMS switch 응용을 위한 free standing 금속 구조물에 관한 연구

황현석, 김응권, 강현일, 이규일, 이태용, 송준태

성균관대학교 정보통신공학부

A free standing metal structures for MEMS switches

Hyun-Suk Hwang, Eung-Kwon Kim, Hyun-Il Kang, Kyu-il Lee, Tae-Yong Lee, and Joon-Tae Song

School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract : In this paper, big free standing metal structures for electrostatic MEMS switches are easily fabricated using photoresist sacrificial layer. The entire process sequence, through the removal of the sacrificial layer, is kept below 150 °C to avoid curing problem of photoresist sacrificial layer. Metal structure is fabricated by thermal evaporator and a self test electrode is fabricated underlying metal suspended structure for testing by electrostatic force. The new wet release process is considered using methanol rinse, general wet release process cause stiction problem by capillary force during drying, and the yield is dramatically improved than previous wet release process using DI water rinse. The fabrication becomes much simpler and cheaper with use of a photoresist sacrificial layer.

Key Words : MEMS switch, photoresist, sacrificial layer, wet release, stiction

1. 서 론

최근 10년 동안 무선통신 시장은 급격히 확장되어왔으며 차세대 무선통신 단말기들은 박형·소형화, 경량화와 같은 시장의 기본적 요구로부터 고주파화, 멀티밴드화, 멀티서비스화 등과 같은 추가적 기술적 요구에 직면해 있다. 즉, W-CDMA, PDC, 그리고 GSM 등 여러 통신 방식을 하나의 단말기로 구현한 멀티밴드 단말기와 MP3, 동영상, Bluetooth, GPS 등의 기능을 갖춘 멀티서비스 단말기 등이 그 예라 하겠다. 이러한 요구들이 해결되기 위해서는 무선회로 부품들이 소형화되고 저 소비전력으로 각종 소자들이 동작하여야만 하며 이러한 문제들을 해결 가능한 기술이 RF MEMS 기술이다. 즉, 고성능의 수동부품을 실리콘 기판위에 능동부품과 집적화하는 것이다.

RF MEMS 기술을 이용한 대표적 수동부품이 MEMS 스위치이며, 구동방식은 정전(electrostatic) 구동 [1-3,10], 압전(piezoelectric) 구동 [4,7], 전자기(electromagnetic) 구동 그리고 전열(electrothermal) 구동방식이 사용된다. 대표적인 구동방식은 반대극성으로 대전된 두 하전면간의 정전력을 이용하는 정전구동방식이며, 금속 구동부는 실리콘을 식각하여 구조물을 만드는 벌크미세가공기술(Bulk micromachining)이나 희생층을 이용하여 기판위에 구조물을 형성하거나 증착하는 표면미세가공기술(Surface micromachining)을 이용하여 제작된다.

표면미세가공기술을 이용하여 부유 구조물을 제작하는 핵심기술은 희생층의 선정과 이의 제거방법에 있다. 일반

적으로는 SiO₂ [5], p-Si [6], photoresist [7], PSG (phospho silicate glass) [8] 등이 사용되며, 이를 제거하는 방법은 습식식각과 건식식각 방법이 이용된다. 이중 습식식각 방법은 공정이 단순하고 식각이 빨리 진행되는 등의 많은 이점을 가지고 있으나 식각후 건조공정에서 발생하는 모세관현상으로 부유 구조물이 기판에 접촉되어 van der Waals 힘에 의해 영구적으로 접촉되는 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 승화건조[9], 초임계 이산화탄소 건조 [10] 등의 건조방법과 표면이 소수성을 갖도록 코팅하거나 낮은 에너지를 갖도록 화학적 처리를 하는 방법 등이 이용되고 있다.

본 연구에서는 photoresist를 희생층으로 사용하여 대형 부유 구조물을 제작하였고, 부유 구조물 하부에 자체 테스트 전극을 설계하여 제작된 구조물에 대한 on/off test를 통하여 부유 및 스위칭 여부를 확인하였다. 또한 습식식각에서 발생하는 정착현상을 개선하기 위하여 기존 린스액인 탈이온수 대신 메탄올 샤워 방식을 사용하여 정착현상을 개선하였다.

2. 실험

구조물을 제작하기 위한 공정은 그림 1과 같다. 먼저 실리콘 기판위에 구조물의 부유 및 스위칭 여부 테스트를 위한 알루미늄 테스트 전극을 리프트오프 공정으로 제작하고, 희생층으로서 포토레지스트(DNR-L30)를 도포 후 패터닝하였다. 그리고 열증착장비를 사용하여 대형 금속 부

유 구조물을 증착하였다. 부유 크기는 최대 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 로 제작하였다. 마지막 습식 릴리스 공정에서는 린스액에 따른 정착현상의 개선여부를 평가하기 위하여 스트리퍼를 사용하여 포토레지스트를 제거 후, 탈이온수를 이용한 세정과 메탄올 샤워 방식을 이용한 세정으로 나누어 실험하였다.

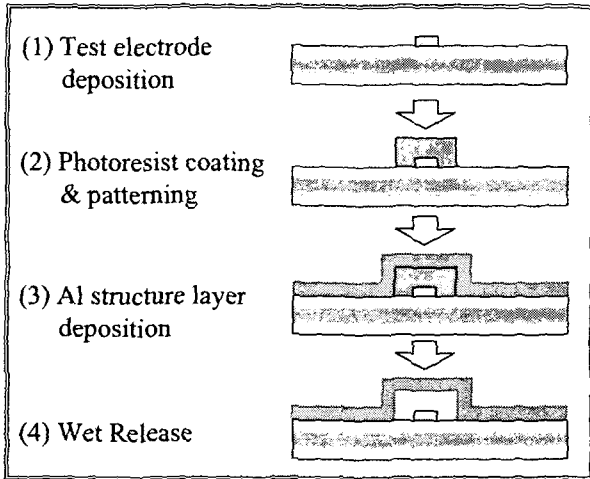


그림 1. 구조물 제작 공정.

제작된 구조물의 부유 및 스위칭 여부를 측정하기 위하여 희생층 제거, 세정, 건조 공정별로 부유층의 변화를 관찰하였고 최종 제작된 구조물은 함수발생기와 오실로스코프를 이용하여 스위칭 여부를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 세정액에 따른 외팔보 구조물(폭 : 0.1, 0.2 mm, 길이 : 0.2~1 mm)의 현미경 사진이다.

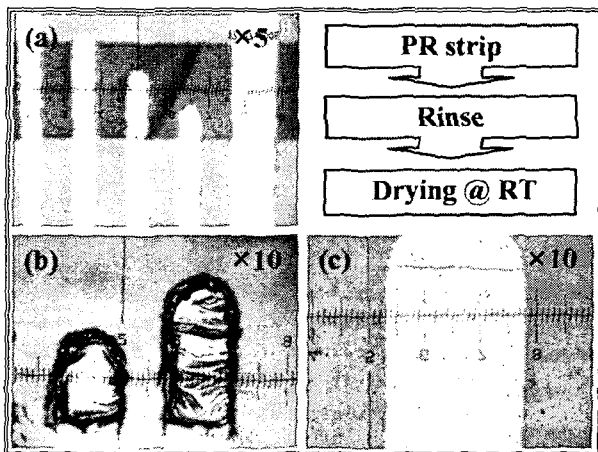


그림 2. 세정액에 따른 구조물 사진, (a) 릴리스 전, (b) 탈이온수로 세정한 구조물, (c) 메탄올로 세정한 구조물.

그림 2 (a)의 경우는 릴리스공정 전의 사진이며, (b)의 경우는 탈이온수로 세정한 결과이다. 탈이온수로 세정한 경우는 단면사진과 표면사진에서 보여주듯 정착현상이 뚜렷이 보이고 있다. (c)의 경우는 메탄올로 세정한 결과이며 정착현상이 확연히 개선되었음을 보이고 있다.

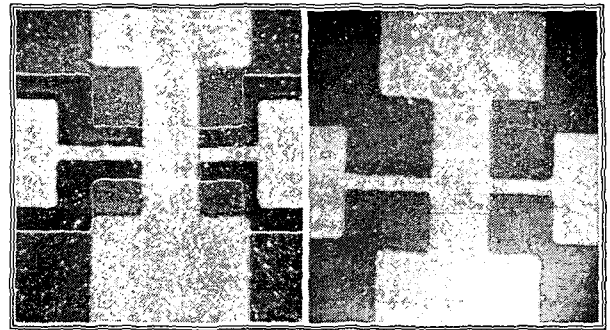


그림 3. 대형 구조물 제작 사진, (a) 릴리스 전, (b) 릴리스 후.

그림 3과 같이 메탄올 세정을 이용하여 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 크기의 대형 부유 구조물을 제작한 결과 60%의 수율을 얻었으며(15개 샘플중 9개에서 정착현상이 보이지 않았음) 테스트전극을 이용한 보의 on/off Test 결과 스위칭이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 포토레지스트 희생층을 사용하여 간단하고 저렴하게 다양한 크기의 보 형태의 MEMS 구조물을 제작하였으며, 습식식각에서의 문제점인 정착현상을 탈이온수 세정이 아닌 메탄올 세정을 통하여 개선하였다. 그리고 제안 공정을 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 크기의 대형 부유 구조물에 적용한 결과 60% 정도의 수율을 보였다. 결론적으로 메탄올 샤워 방식의 세정은 릴리스 공정시 발생하는 정착현상을 개선할 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] K. E. Petersen, IBM J.Res. Dev. 23, 376, 1979.
- [2] E. R. Brown, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 46, 1868, 1998.
- [3] A. Witvrouw, H.A.C. Tilmans, I. De Wolf, Microelectronic Engineering, 2004.
- [4] Q. Q. Zhang, S. J. Gross, S. Tadigadapa, T. N. Jackson, F. T. Djuth, and S. Trolrier-McKinstry, Sens. Actuators, A 105, 91, 2003.
- [5] J. Olivares, E. Iborra, M. Clement, L. Vergara, J. Sangrador, A. Sanz-Hervas, Sens. Actuators, A, 2005.
- [6] Z. Xiaio, Y. Hao, T. Li, G. Zhang, S. Liu and G. Wu, J. Micromech. Microeng., 9, 1999.
- [7] Z. Cui and R. A. Lawes, J. Micromech. Microeng., 7, 1997.
- [8] S. Mubarssar Ali, Jeffrey M. Jennings, Leslie M. Phinney, Sens. Actuators, A 113, 2004.
- [9] H. Guckel, J. J. Sniegowski, T. R. Christenson and F. Raissi, Sens. Actuators, A 346, 1990.
- [10] R. Maboudian and R. T. Howe, J. Vac. Sci. Technol. B15, 1997.