

열구동형 마이크로 릴레이 구조체 제작

최부연, 박경호, 이용일, 이재열, 이종현, 유형준
한국전자통신연구소, 반도체연구단 미세구조연구실

Fabrication of a thermally actuated micro-relay

B. Y. Choi, K. H. Park, Y. I. Lee, J. Y. Lee, J. H. Lee, and H. J. Yoo
Semiconductor Division, Electronics and Telecommunications Research
Institute, Taejeon 305-606, Korea

Abstract

A thermally actuated micro-relay using a mercury-contact has been designed and fabricated. The mercury actuation was achieved by external nitrogen pressure and the mercury-contact was moved by actuation pressure of 110torr in the 100 μm wide microchannel. The Injection pressure of mercury was 300torr in the 60μm wide microchannel of the micro relay structure.

1. 서론

기존의 릴레이는 전자교환기, 교통신호 제어 시스템 등 많은 응용분야에서 전류의 개폐를 담당하는 스위치 소자로서 사용되고 있으나, 크기가 크고, 고가이며, 릴레이 어레이 구성이 불가능하며 또한 타 전자소자와의 집적화가 어렵기 때문에 이용에 불편함이 많다. 최근에 이러한 문제점을 해결하는 방법으로 MEMS 기술을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 J. Drake 등이 금속접점, 정전력 구동으로 접점 저항 2Ω, 구동전압 50V 이상, E. Hashimoto 등이 영구 자석을 이용하여 자기렛칭형이며, 접점저항 3Ω으로 금속접점인 릴레이에 대해 발표하고 있으나 구동전압과 접점저항등에서 실용화에 많은 문제점을 가지고 있다. [1, 2]

본 연구에서는 표면 및 벌크 마이크로머시닝 기술로 전극접점을 액체금속인 수은을 이용한 열구동 마이크로 릴레이 구조체, 구조체 제작 방법, 수은주입 방법 및 실험결과, 압력에 의한 수은 구동등에 대해서 보고한다.

2. 구조체 제작

열구동 마이크로 릴레이의 동작원리는 릴레이 구조체의 능동 저장고(active reservoir) 압력이 상승

하여 릴레이의 접점으로 사용하고자 하는 액체 금속이 움직여 전도(ON) 상태가 되고, 다른 한쪽의 수동 저장고(passive reservoir)의 압력이 상승하면 액체 금속이 원래 위치로 되돌아 가는 현상을 이용한 것이다.

열구동 릴레이 구조체 제작 공정순서 및 단면도는 (그림 1)과 같다. ① TMAH 및 KOH 식각시 마스크로 사용하기 위한 열산화막과 질화막을 각각 1000Å, 2000Å 올린다. ② 마스크1을 사용하여 릴레이 구조체 형태로 질화막과 열산화막을 건식 식각한다. ③ 질화막과 산화막을 마스크로 사용하여 반도체 공정과 호환성이 있는 TMAH용액으로 실리콘을 20μm 습식식각한다. ④ 마스크2를 사용하여 전극 및 히터 배선을 위한 실리콘 식각을 한다. ⑤ 히터의 열전달 및 절연을 위해 희생층으로 PECVD 산화막을 1.3μm 덮는다. ⑥ 마스크3을 사용하여 히터부분만 남기고 건식식각을 한다. ⑦ 신호 배선 및 히터 배선의 절연을 위해 2000Å의 산화막을 올린다. ⑧ 배선 및 히터 재료로 TiW를 5000Å 올린다. ⑨ 마스크4를 사용하여 신호 배선 및 히터를 제작한다. ⑩ 마스크5를 사용하여 웨이퍼 뒷면의 질화막과 산화막을 건식 식각한다. ⑪ 질화막과 산화막을 마스크로 사용하여 KOH용액으로 실리콘 625μm 습식식각하여 수은 주입 구멍을 제작한다. 그 다음 열효율을 높이기 위해 히터를 띄울 경우 BHF에서 산화막을 습식식각하고, 최종적인 공정은 증기상 식각(VPE)을 이용한다. ⑫ 웨이퍼 전면에 글라스를 아노딕(anodic) 본딩을 한 후, 수은 주입 기구물을 이용하여 수은을 주입하고, 최종적으로 웨이퍼 뒷면을 자외선 접착제와 글라스를 사용하여 본딩한다.

3. 실험결과 및 고찰

릴레이 구조체 식각 깊이로 20μm 정도가 요구되므로 이를 위해서는 KOH, TMAH(Tetra Metyl Ammonium Hydroxide), EDP(Ethlenediamine Pyrocatechol

Water) 등의 비등방성(anisotropic) 식각이 필수적이다. 그러나 KOH 용액을 사용하여 식각한 경우, K이온에 의해 기존의 직접회로 공정과 호환성이 없으므로 사용이 불가능하다. 또한 EDP는 발암성 물질을 사용하므로 취급에 상당히 주의가 필요하다. 그러나 TMAH는 부해하며, 직접회로 공정과 호환성이 있다는 장점을 가지고 있어, 본 구조체 제작에서는 이 용액을 사용하여 구조체를 제작하였다. 실험결과, TMAH 25 wt.%, 2.8mole, 온도 80°C, 85°C에서 식각율은 각각 0.5 μ m/min., 0.7 μ m/min.을 나타냈으며, TMAH 15 wt.%(100ml)에 pyrazine 300mg을 첨가한 경우(그림 2)와 같이 식각 표면에 피라미드 형태의 hillock이 관찰되지 않았다. 그러나 pyrazine을 첨가하지 않은 경우에는 TMAH 15 wt.%에서 hillock이 관찰되었다.

구조체의 단차가 20 μ m 정도인 신호 전극 및 히터 제작을 위해 이에 적합한 포토레지스트의 선정이 중요하다. 포토 레지스트 AZ4562 (7.5 μ m thickness), GA2 (1.6 μ m thickness)를 4000rpm으로 코팅한 후의 SEM 단면사진 관찰결과, GA2의 경우 단차가 생기는 부분에서 레지스트 도포가 되지 않으며, AZ4562의 경우 도포는 되지만 경계 부분의 두께가 15 μ m 정도가 되는 것으로 관찰되어 이를 기준으로 노광에너지와 현상시간을 조정하였다.

압력을 발생시키기 위한 히터는 두께 0.5 μ m, 길이 30 μ m, 최대길이 350 μ m이며, 이때 저항값은 90 Ω 이 되도록 설계하였다. 히터의 구조는 전압 인가시 열 발생에 의해 히터 휨(buckling)이 발생되는데, 이 효과를 무시할 수 있도록 cantilever형의 히터로 설계하였다.

수은 주입은 주입기구물을 이용하고 실리콘 뒷면에 수은 주입구멍을 KOH 식각하여 질소 압력으로 하였으며, 60 μ m 채널에 300torr 압력을 가압하여(그림 3)과 같이 수은을 주입할 수 있었다. 주입 후 가압한 압력을 급격히 낮추면 수은이 부분적으로 끊어지지만 서서히 압력을 낮추면 수은과 마이크로 채널 차이의 틈에 의해 능동저장고와 수동저장고의 압력이 평형상태를 이루면 주입구멍 부분에서 수은이 끊어짐을 알 수 있었다. 수은주입 후(그림 4)에서 볼 수 있는 바와 같이 질소 압력 88torr에서 수은이 움직여 채널 폭이 가장 작은 부분(100 μ m)까지 이동하였으며, 압력 110torr에서 채널폭 100 μ m인 부분을 통과함을 알 수 있었다. 이때 저장고와 채널 부분의 체적비는 56:1이었으며, 저장고와 채널부분의 체적비가 5:1인 경우에는 가압한 후 압력을 제거하면 수은이 원래 위치로 되돌아 오는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 아노딕 본딩으로 밀봉한 경우에는 신호전극 부분에서 leak로 인해 열구동에 의한 수은이동은 관찰할 수 없었다. 이러한 문제는 제작공정중 신호전극 부분의 단위공정을 약간 바꾸어 해결해 나갈 생각이다.

4. 결 론

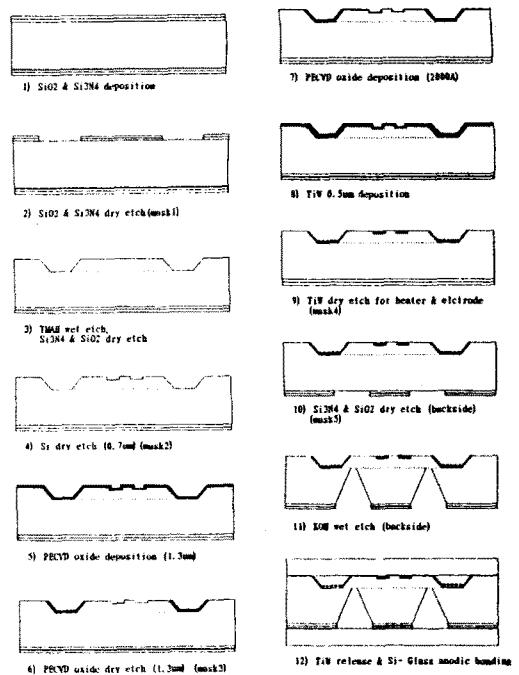
본 연구에서는 표면 및 벌크 마이크로머시닝을 이용한 랫칭형 열구동 릴레이 구조체 설계, 제작공정 및 구조체 제작에 필요한 단위공정 결과, 수은주입 압력 및 구동압력등의 실험 결과에 대해서 보고한다.

구조체 식각은 직접회로 공정과의 호환성을 고려하여 TMAH용액을 사용하였으며, 식각율은 85°C, 25 wt.%에서 0.7 μ m/min.를 나타냈다. 또한 구조체의 단차가 20 μ m가 되므로 패턴 형성을 위해 점성이 큰 AZ4562를 사용하여 전극 및 히터를 제작하였다. 릴레이의 접점인 수은 주입 압력은 채널 60 μ m에서 300torr였으며, 채널 100 μ m에서 외부 압력에 의한 수은 구동압력은 110torr이었다.

결론적으로 열구동에 의한 마이크로 릴레이 작동은 아노딕 본딩에 의해 완전한 밀봉이 이루어지면 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

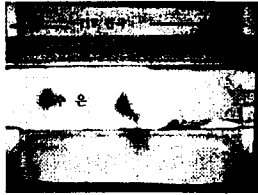
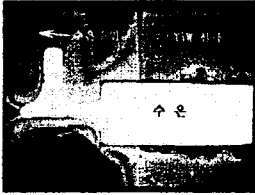
- [1] J. Drake, H. Jerman, B. Lutze, and M. Stuber, TRANSDUCERS '95, 329-B10(1995)
- [2] E. Hashimoto, Y. Uenishi, and A. Watabe, TRANSDUCERS '95, 85-B4(1995)



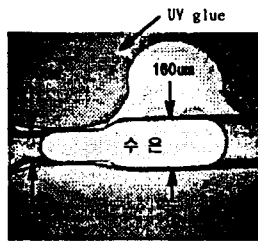
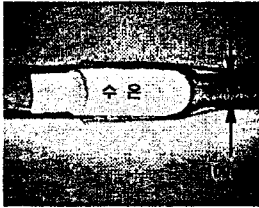
(그림 1) 릴레이 구조체 공정순서 및 단면도



(그림 2) TMAH 15 wt.% 로 실리콘 식각후 단면



(그림 3) 수은주입 형상



(그림 4) 압력에 의한 수은 구동 실험