

SOG 희생층을 이용한 마이크로 구조의 형성

신경식*, 이성준, 김정구, 최연화, 김철주
 서울시립대학교 전자공학과

Fabrication of Micro-structure using SOG as a Sacrificial Layer

Kyeong-Sik Shin*, Sung-Jun Lee, Jeong-Goo Kim, Yeon-Iiwa Choi, Chul-Ju Kim
 Dept. of Electronic Engineering, Graduate School of Seoul City University

Abstract

In this study, Allied Signal 211 SOG was used as a sacrificial material. After researching its etching properties, we adapted it to bottom-drive micromotors. SOG was superior etch rate and roughness to them of PSG or CVD-oxide and possible to low-temperature processing. Etching properties of SOG depended on the temperature and duration of its bake and cure. SOG used in the fabrication of bottom-drive micromotors showed us usefulness as a sacrificial layer and having a least influence on machines on it in comparison with conventional sacrificial materials.

작한 후 고정자, 지지대, 전극을 형성하였다. poly-Si의 식각을 위해 HNO₃ : CH₃COOH : HF = 100 : 40 : 3 의 식각액을 사용하였다. 희생층과 poly-Si을 증착한 후 고정자와 회전자 사이의 접촉을 유지하면서 마찰을 최소화시키기 위한 bushing을 형성하였다. 그 위에 다시 희생층과 poly-Si을 각 1 μ m씩 증착하고 회전자를 형성하였다. 희생층을 증착하고 축을 만들기 위한 앵키 영역을 정의하였다. Poly-Si을 최종적으로 1.5 μ m 증착하고 축을 형성하였다. 희생층의 제거를 위해서는 BOE를 사용하였다. 또한 마이크로모터의 제작과 함께 각 희생층의 표면 거칠기와 식각률도 측정하였다.

I. 서론

표면미세가공기술(surface micromachining)[1]에서 가장 큰 문제점 중의 하나는 용액에 의한 구조체의 변형이라고 할 수 있다. 변형에 의한 구조체의 성능 저하를 막기 위해서 마이크로모터 구조에서는 고정자가 회전자 아래에 위치하는 bottom-drive 형태의 모터가 제안되어왔다[2]. 재료면에 있어서도 기존의 희생층 재료인 CVD 산화막이나 PSG대신에 다층구조에서 평탄화를 위해 사용되는 SOG(Spin-On Glass)[3]를 희생층으로 사용해서 구조체의 변형을 줄이려는 시도가 나타나고 있다[4].

본 연구에서는 마이크로모터 구조의 형성시 SOG를 희생층으로 사용하였다. 또한 SOG의 식각률을 다른 희생층 재료들과 비교하여 SOG의 용용성을 확인하였다.

II. 실험방법

희생층으로 사용한 SOG는 Allied Signal 211 SOG이며 1회 코팅시 두께가 최대 3000Å 정도이다. 따라서 본 연구에서는 다중코팅을 통해 두꺼운 SOG막을 형성하였다. 코팅을 하고 다음 코팅에 들어가기 전과 마지막 코팅을 한 후에는 bake와 cure과정을 통하여 SOG를 경화시켰다. bake는 80, 150, 250°C에서 각 1분 동안 실시하였다. 각 bake온도에서 점진적으로 용제가 증발되는데 낮은 온도의 bake는 평탄화와 막의 결합을 줄이기 위한 것이고 높은 온도의 bake는 다중 코팅시 상층에 코팅될 SOG내의 용제에 의하여 하층의 SOG가 용해되는 것을 막기 위한 것이다. Cure는 425°C, N₂ 분위기에서 1시간 동안 수행하였다. 그림 1은 bottom-drive 마이크로모터의 제작공정 순서를 나타낸다. bottom-drive 마이크로모터 구조를 만들기 위해서 P-type (100) Si 기판 위에 먼저 Si₃N₄ 1500Å과 poly-Si 5000Å을 CVD로 증

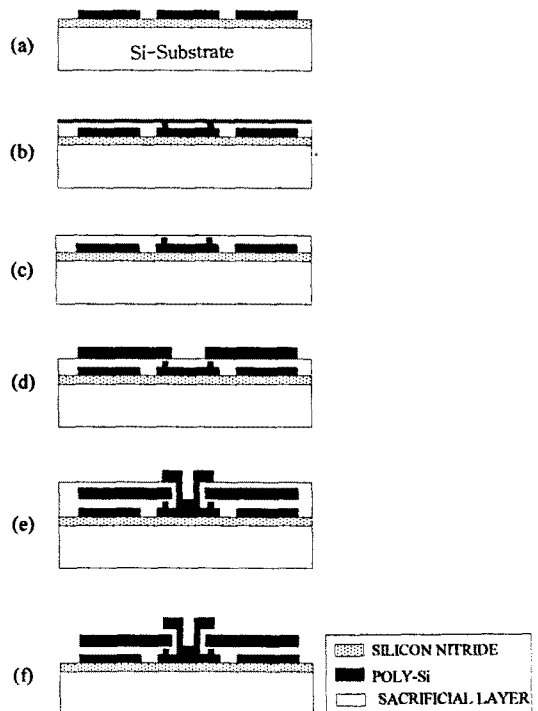


그림 1. Bottom-drive 마이크로모터의 공정순서

III. 실험결과 및 고찰

그림 2와 3에 CVD 산화막, PSG, 그리고 SOG의 표면 거칠기와 식각률을 나타내었다. 그림에서 보면 SOG의 표면 거칠기는 다른 회생층들과 비교했을 때 1/50 정도의 작은 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 SOG는 다른 회생층보다 구조층에 미치는 영향을 감소시킬 수 있을 것이라고 예상할 수 있다. 식각률은 425°C에서 PSG보다는 떨어지지만 CVD 산화막과는 유사한 값을 나타내었다.

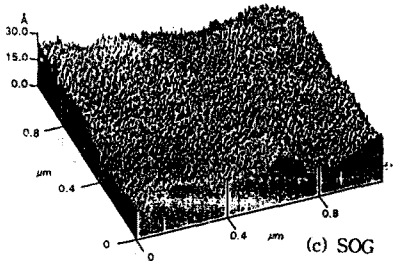
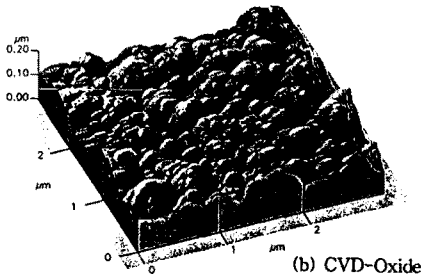
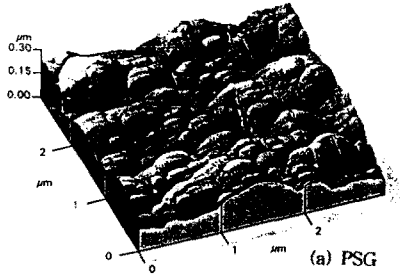


그림 2. 각 회생층의 표면 거칠기

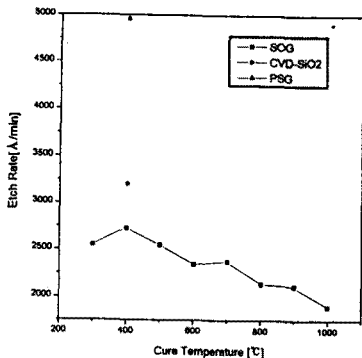


그림 3. 각 회생층의 식각률

다음 사진들은 공정 단계마다 그 결과를 광학 현미경($\times 100$)으로 촬영한 것이다.

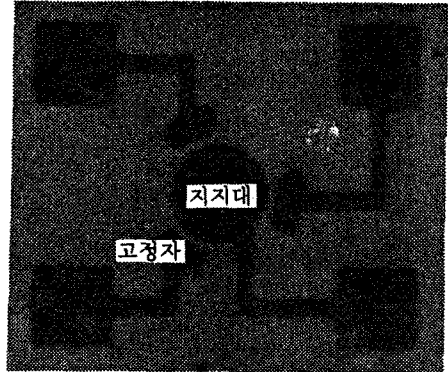


그림 4. 고정자, 지지대, 전극이 형성된 모습

그림 4는 3개의 고정자와 1개의 지지대가 전극 패드와 연결되어 있는 것을 볼 수가 있다.

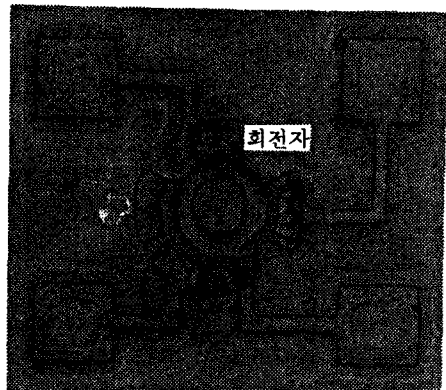


그림 5. 회전자가 형성된 모습

그림 5는 pole이 4개인 회전자가 고정자와 지지대 윗부분에 형성된 것을 볼 수가 있다. 각 회전자에 나타나 있는 hole들은 회생층 식각시 식각액이 회전자 밑부분에 잘 스며들도록 하기 위해서 설계한 것이다. 여기서 희미하게 회전자 주변에 남아있는 층은 SOG층이다.

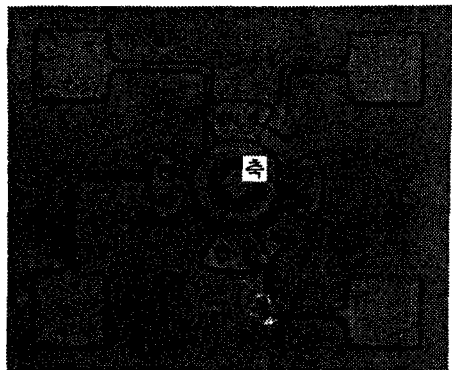


그림 6. 완성된 마이크로모터 구조

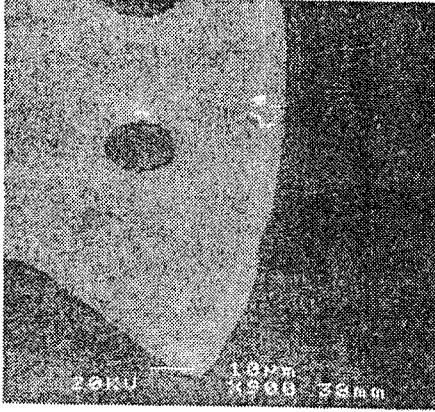


그림 7. 완성된 마이크로모터의 회전자를 확대한 모습

그림 6은 회전자의 고정을 위한 축을 형성한 후 최종적으로 회생층을 완전히 제거하여 마이크로모터를 완성하였고, 그림 7은 완성된 마이크로모터의 회전자 부분을 확대하여 관측한 사진이다.

SOG를 회생층으로 사용한 결과 박막 공정이 용이해졌고, 열처리 과정도 다른 회생층 재료에 비해서 비교적 낮은 온도(425°C)에서 수행할 수 있었다. 뿐만 아니라 식각률이 다른 회생층 재료에 비해서 떨어지지 않았고 표면 거칠기가 우수하기 때문에 위에 증착되는 구조층에 미치는 영향을 줄일 수가 있었다. 그러나 두꺼운 회생층을 얻기 위해서 다층의 SOG층을 형성해야 했고, 이때 외부로부터의 오염에 쉽게 노출되어 회생층의 식각시 이들로 인하여 회전자의 release가 용이하지 않았다. 따라서 원하는 두께의 SOG를 더욱 간단한 공정으로 얻는 것이 필요하다. 또한 각 구조체의 형성을 위해 poly-Si를 증착할 때 SOG가 고온(750°C)에 노출되어서 식각률이 떨어지는 현상이 나타났다. 이는 코팅된 SOG가 고온의 공정환경에서 지나치게 경화되기 때문인데 낮은 식각률과 불균일한 식각의 원인이 된다. 따라서 다중코팅된 SOG를 회생층으로 사용하는 경우 구조체는 저온공정을 통해 형성될 필요가 있다. 또한 회생층으로 사용되는 SOG의 균일한 식각을 위해서는 코팅된 SOG의 bake와 cure시 온도와 시간에 따른 의존성을 고려하여 균일한 SOG의 경화공정을 수행할 필요가 있다. 본 연구에서는 이를 위해 SOG의 매회 코팅시 bake와 cure를 수행하였으며, bake의 수행시 저온에서 고온으로 점진적인 온도의 변화를 통해 회생층으로서 적합하도록 SOG의 경화 공정을 실시하였다. 고온에 노출되면 식각률이 떨어지는 단점을 보완한다면 회생층으로서 SOG의 사용빈도는 점점 증가할 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 Allied signal 211 SOG를 회생층재료로 사용하여 식각특성을 조사하고 bottom-drive형 마이크로모터의 제작에 적용하였다. SOG는 기존의 PSG 혹은 CVD산화막과 유사한 식각율을 나타냈으며 표면 거칠기가 우수하였다. 또한, 저온 공정이 가능하였다. 반면, SOG의 식각특성은 bake와 cure 온도 및 시간에 의존하였다. bottom-drive 마이크로모터에 SOG를 적용하여 회생층 재료로서의 유용성을 확인하였으며 기존의 회생층에 비해 구조체에 미치는 영향을 최소화할 수 있음을 관측하였다.

V. 참고문헌

- [1] R. D. Jolly and R. S. Muller, "Miniature Cantilever Beams Fabricated by Anisotropic Etching of Silicon", J. Electrochem. Soc., Vol 127, No 12, pp. 2750-2754 (1980)
- [2] S. K. Hong, "A study on the Structural Stress of Thin-Film Si Materials for MEMS", Doctoral Dissertation of Dept. of Elec. Eng. Seoul City Univ. (1993)
- [3] S. Ramawami, A. Nagy, "Polysilicon Planarization Using Spin-On Glass" J. Electrochem. Soc., Vol. 139, No. 2, pp. 591 (1992)
- [4] H. D. Kim, "A Study on the Fabrication of Polycrystalline Silicon Micro-Mechanical Structure", Master's thesis of Dept. of Elec. Eng. Seoul City Univ. (1995)