

미세가공용 다결정 실리콘 구조체의 제작 및 특성 평가

◦김형동, 백승호, 이성준, 김철주
서울시립대학교 전자공학과

A Fabrication and Characteristic Estimation of Polycrystalline Silicon
Structural Layer for Micromachining

◦Hyoung-Dong Kim, Seung-Ho Pack, Seong-Jun Lee, Chul-Ju Kim
Dept. of Electronic Engineering, Seoul City University

ABSTRACT

In this study, we confirmed that the crystallinity and the mechanical properties of polycrystalline Silicon (poly-Si) deposited on the poly-oxide are better than those of poly-Si on the conventional sacrificial layers that is CVD oxide layer or PSG. But the etch rate of poly-oxide is poor than that of the CVD oxide layer or PSG. Therefore, to make the best use of small stress and fast etch rate, we fabricated the double oxide layer; 10%-thick poly-oxide on 90%-thick CVD oxide or PSG. To estimate structure deformation by stress, we fabricated the test structures; cantilever, bridge and ring/beam structure and estimated by SEM. As the results, all structure is expressed the deformed structure by residual stress(tensile stress) and the deformation of the structure layer on the double oxide layer is small compared with that of the structure layer on the CVD oxide layer or PSG. And, the etch rate of the double oxide layer is enhanced compared with that of the poly-oxide.

1. 서론

초소형 센서나 초소형 액츄에이터를 제작하는 미세가공기술^[1]은 실리콘 기판 위에 산화막이나 다결정 실리콘 등을 형성하고 이를 가공하여 구조체를 구현하는 표면 미세가공기술^[2]과 실리콘 기판을 식각하여 구조체를 제작하는 몸체 미세가공기술^[3] 등이 있다. 그 중 표면 미세가공기술은 구조층으로 기계적 강도와 전도성이 좋은 다결정 실리콘이 쓰이고 있는데 이러한 다결정 실리콘은 희생층이라고 불리는 산화막 위에 증착되고 이러한 희생층에 의해 기계적 물성이 달라지게 된다. 기존의 희생층으로는 성장시키기에 용이하고 BHF에 쉽게 식각되는 CVD 산화막이나 PSG 등이 사용되고 새롭게 제안된 것으로서 응력을 상대적으로 적게 주는 다결정 산화막^[4]을 희생층으로 사용했을 때 각각의 산화막들은 응력

과 식각율에 있어서 서로의 장단점을 가지고 있기 때문에 두가지 막들의 장점을 이용한 이중산화막 구조가 희생층으로 사용될 수 있는지를 알아보았다.

II. 실험방법

실리콘 기판 위에 화학기상 증착기를 이용하여 각각의 산화막을 1 μ m 크기로 증착시켰다. 각각 사용된 산화막의 구조는 다음 그림 1과 같다.

CVD 산화막 (1 μ m)	PSG (1 μ m)	undoped poly-oxide (0.1 μ m)	doped poly-oxide (0.1 μ m)
		CVD 산화막 (0.9 μ m)	CVD 산화막 (0.9 μ m)
substrate	substrate	substrate	substrate

(a) CVD 산화막 (b) PSG (c) 이중산화막 (I) (d) 이중산화막 (II)

그림 1. 각각에 사용된 시료의 단면 구조

각각의 산화막위에 1 μ m 크기의 구조층인 다결정 실리콘을 증착시키고 시험 구조로 캔틸레버, 브릿지와 링/빔 구조를 사용하였다.

각각의 시험 구조체를 제작한 공정은 먼저 앵커를 제작하기 위하여 BHF로 산화막을 패터닝을 하고 그 위에 다결정 실리콘을 1 μ m크기로 증착시키고 구조체를 만든 후에 다시 BHF로 희생층을 제거함으로써 각각의 구조는 앵커에 의해 고정되고 기판으로부터 자유롭게 되어 기판 위에 떠있게 된다(그림 2). 희생층을 제거하고 난 후 잔류응력으로 인한 구조체 평가는 SEM으로 관찰하였다.

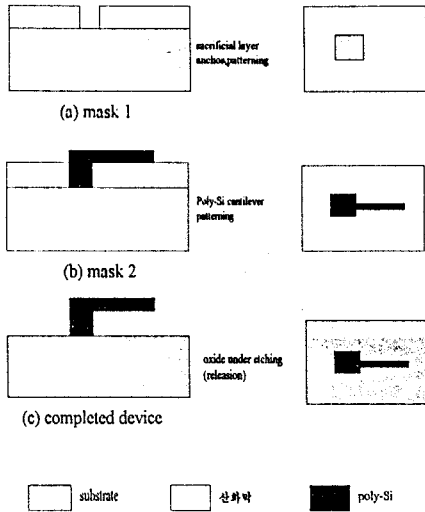


그림 2. 시험구조체의 제작공정

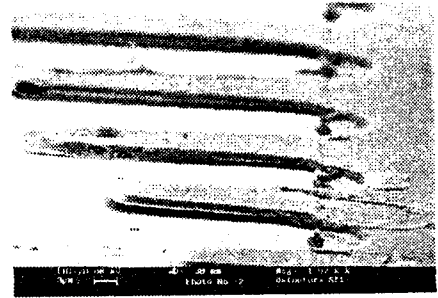
III. 실험결과 및 고찰

이전에 연구된 결과에서 희생층 산화막에 CVD 산화막, PSG, 다결정 산화막을 사용했을 때 그 위에 성장시킨 다결정 실리콘의 결정성과 응력 평가 결과는 표 1과 같다.

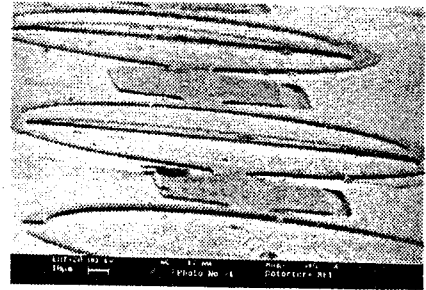
특성		희생층	CVD 산화막	PSG	다결정산화막
결정립 크기			237Å	217Å	422Å
응력	XRD (E10 dynes/cm ²)		1.14	1.2	0.78
	Raman Scattering		다소 많음	많음	다소 적음
표면 거칠기(Å)			107	152	98
식각율 (연산화막에비해)			4.95 배	6.33 배	1.03 배

표 1. 각각의 산화막위에 증착된 다결정실리콘의 특성들

표 1에서 본 바와 같이 기존의 희생층으로 사용되는 CVD 산화막이나 PSG 보다 다결정산화막을 사용했을 때 다결정 실리콘이 결정성이 좋고 응력이 상대적으로 적었으나 식각율은 나쁜 관계로 표면 미세기공에서 응용될 수 있는 희생층 구조를 그림 1(c),(d)와 같이 이중산화막 구조를 사용하였다. 각각의 산화막 구조는 희생층을 제거함으로써 잔류응력으로 인한 구조체의 변형이 생기게 된다. 각각의 산화막에 대한 시험구조인 캔틸레버와 링/빔 구조체를 만든 결과는 아래 그림과 같이 나타났다.

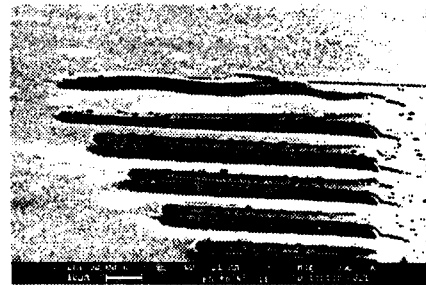


(a)



(b)

그림 3. CVD 산화막을 사용하였을 경우

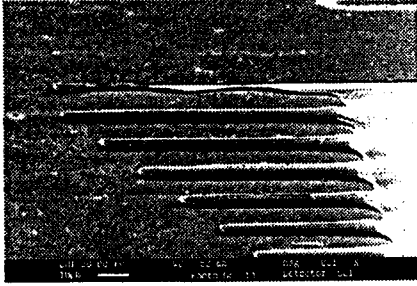


(a)



(b)

그림 4. PSG 를 사용하였을 경우



(a)



(b)

그림 5. 이중산화막(I)을 사용하였을 경우

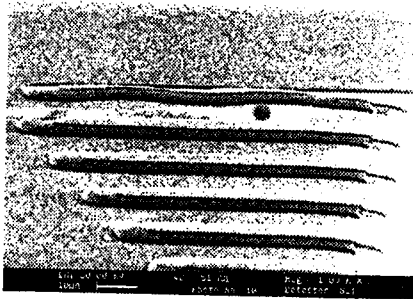


그림 6. 이중산화막(II)를 사용하였을 경우

모든 구조가 인장응력으로 인해 빔이 위로 구부러지는 모습을 나타내었다. 잔류응력으로 인한 빔의 변형된 각도는 CVD 산화막인 경우는 $2.86^\circ \sim 5^\circ$ 정도였으며 PSG 인 경우는 $4.29^\circ \sim 9.46^\circ$ 정도였고 이중산화막 구조에서는 약 1° 이하의 변형된 각도를 가지고 있었고 식각율에 있어서도 이중산화막에 비해 CVD 산화막은 1.7 배를 PSG 는 3.2 배 정도 빠른 식각율을 나타내어 식각율에 있어서도 개선된 점을 보여주었다.

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 희생산화막인 CVD 산화막이나 PSG 위에 증착된 다결정 실리콘과 다결정 산화

막위에 성장시킨 다결정 실리콘의 결정성과 응력을 평가한 결과 다결정 산화막 위에 성장시킨 다결정 실리콘이 우수함을 나타내었다. 그러나 다결정 산화막은 기존의 산화막인 CVD 산화막이나 PSG 에 비해 식각율이 나쁘므로 표면 미세가공에서 응용될 수 있는 희생층의 구조로서 식각율이 좋은 CVD 산화막이나 PSG 등을 90%정도로 증착시키고 그 위에 상대적으로 결정성이 좋고 응력이 적은 다결정 산화막을 10%정도로 성장시킨 이중산화막 구조를 제작하였다. 잔류응력으로 인한 구조체의 변형율을 평가하기 위해 시험구조로 캔틸레버, 브릿지와 링/빔 구조를 제작하여 SEM으로 평가한 결과 기존의 희생층 산화막보다 이중산화막을 사용했을 때에 다결정 실리콘 구조체의 변형이 적었음이 관측되었고 식각율도 개선시킬 수 있었음을 알 수 있었다.

V. 참고문헌

- [1] L.S. Fan, Y.C. Tai and R.S. Muller, "Integrated Movable MicroMechanical Structures for Sensors and Actuators", IEEE ED-, Vol 35, No 6, pp 724-730(1988)
- [2] R.T. Howe and R.S. Muller, "Polycrystalline Silicon Mechanical Beams", J. Electrochem. Soc, Vol 130, No 6, pp 1420-1423(1983)
- [3] 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)
- [4] 백승호 외 5명, "매몰층에 따른 Poly-Si 의 재질평가에 관한 연구", 한국재료학회 pp 65-68(1994)