

기판상태에 따른 폴리실리콘의 응력거동

(Stress Behavior of Poly-Si According to the Substrate Conditions)

서울시립대학교 전자공학과 백승호, 김형동, 홍순관, 김철주

1. 서론

기존의 반도체 공정기술을 사용하여 3차원 미세 기계구조를 제작하는 미세가공기술 (micromachining)이 활발히 연구되고 있다[1]. 이 기술을 이용하여 극소형 센서, 미세부품, 마이크로 액츄에이터 등이 실현되었다[2]. 미세가공기술은 크게 bulk 미세가공기술과 surface 미세가공기술로 나눌 수 있는데 이 가운데서 폴리실리콘을 사용하는 surface 미세가공기술은 산화막 (회생층)상에 증착된 폴리실리콘을 가공한 후 산화막을 제거함으로써 미세한 기계구조체를 제작한다. 일반적으로 회생층의 재료로는 1-2 μm 두께의 CVD 산화막이나 PSG(Phosphosilicate Glass)가 주로 사용되지만 회생층의 제거시 발생하는 압축이나 인장 응력으로 인하여 구조체의 변형과 회생층의 불완전한 식각등이 문제점으로 대두되고 있다[3]. 따라서, 본 연구에서는 새로운 회생층 재료를 선택하는데 있어서 회생층에 따른 미세구조체에서 폴리실리콘의 막질과 응력상태의 변화를 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

그림 1은 본 연구에서 사용한 시료의 단면이다. 기판은 P형 (100) Si를 사용하였다. 본 연구에서는 4종류의 회생층 재료를 준비하였다. 그림 1(a)는 poly-Si/CVD-oxide (b)는 poly-Si/PSG (c)는 poly-Si/thermal-oxide (d)는 poly-Si/poly-oxide의 구조이다. CVD 산화막은 SiH_4+O_2 를 PSG는 $\text{PH}_3+\text{SiH}_4+\text{O}_2$ 혼합가스를 이용하여 590 $^\circ\text{C}$ 의 질소 분위기에서 4000 \AA 을 증착시켰고 열산화막은 1100 $^\circ\text{C}$ 의 전기로에서 1000 \AA 두께로 성장시켰다. 폴리산화막은 폴리실리콘을 1200 \AA 증착시킨 후 이를 전기로에서 산화시켜 3000 \AA 의 폴리산화막을 얻었다. 폴리실리콘은 각각의 회생층 위에 SiH_4 를 이용하여 690 $^\circ\text{C}$ 에서 8000 \AA 씩 증착시켰다. 제작된 시료의 폴리실리콘의 결정성과 응력특성을 관찰하기 위해 X선 회절분석기와 SEM을 이용하였다. 이를 통해 미세결정구조, 변형률 및 응력을 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 각 시료의 표면을 관측한 SEM 사진이다. 그림 2에서 시료 (c), (d)는 (a), (b)에 비해 결정립 크기가 크다. 그림 3은 각 시료에서 측정된 XRD 스펙트럼이다. 그림에서 알 수 있듯이 모든 시료에서는 (111) 방위가 관측되었다. 시료 (d)에서의 회절강도는 시료 (a), (b), (c)보다 더 크다. 이것은 폴리산화막 위에 증착된 폴리실리콘이 다른 조건의 시료에 비해 상대적으로 (111) 면방위가 많은것을 말해준다. 그림 4에서 시료 (d)의 X선 입사각도의 범위를 넓게 했을 때 (220) 방위가 관측되었는데 이것이 폴리산화막 위에 증착된 폴리실리콘의 결정성이 다른 시료들에 비하여 상대적으로 우수하다는 것을 반증해 준다. 각 시료의 (111) 방위에 대하여 시료 (d)의 격자 변형률은 0.51%이고 시료 (a), (b), (c)는 각각 0.77%, 0.80%, 0.64%이다. 시료 (d)의 (220) 방위의 격자 변형률은 0.26%이다. 그림 5는 각 시료의 최대 격자 변형률 과 평균 격자 변형률을 나타내는데 시료 (d)의 격자 변형률이 상대적으로 작음을 알 수 있다. 표 1은 각 시료에서 구한 응력을 나타내는데 각 시료들은 인장 응력을 갖고 있다.

A	<table border="1"> <tr><td>Poly-Si 800nm</td></tr> <tr><td>CVD-Oxide 400nm</td></tr> <tr><td>Substrate</td></tr> </table>	Poly-Si 800nm	CVD-Oxide 400nm	Substrate	
Poly-Si 800nm					
CVD-Oxide 400nm					
Substrate					
B	<table border="1"> <tr><td>Poly-Si 800nm</td></tr> <tr><td>PSG 400nm</td></tr> <tr><td>Substrate</td></tr> </table>	Poly-Si 800nm	PSG 400nm	Substrate	
Poly-Si 800nm					
PSG 400nm					
Substrate					
C	<table border="1"> <tr><td>Poly-Si 800nm</td></tr> <tr><td>Th-Oxide 100nm</td></tr> <tr><td>Substrate</td></tr> </table>	Poly-Si 800nm	Th-Oxide 100nm	Substrate	
Poly-Si 800nm					
Th-Oxide 100nm					
Substrate					
D	<table border="1"> <tr><td>Poly-Si 800nm</td></tr> <tr><td>Poly-Oxide 300nm</td></tr> <tr><td>Th-Oxide 100nm</td></tr> <tr><td>Substrate</td></tr> </table>	Poly-Si 800nm	Poly-Oxide 300nm	Th-Oxide 100nm	Substrate
Poly-Si 800nm					
Poly-Oxide 300nm					
Th-Oxide 100nm					
Substrate					

그림 1. 시료의 단면

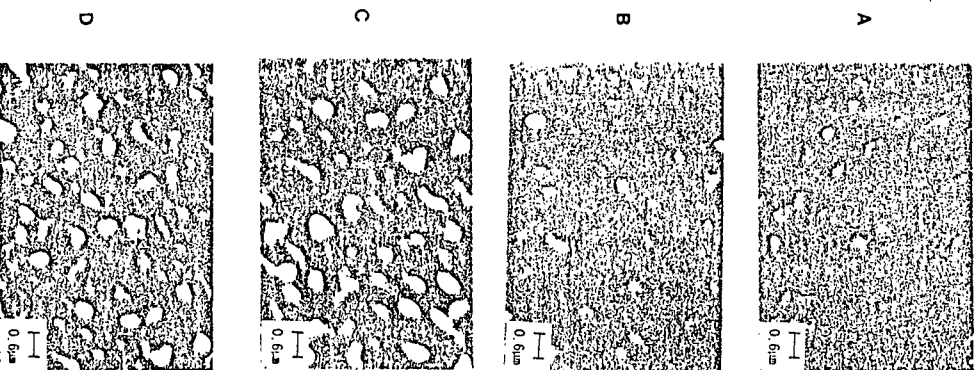


그림 2. SEM 사진

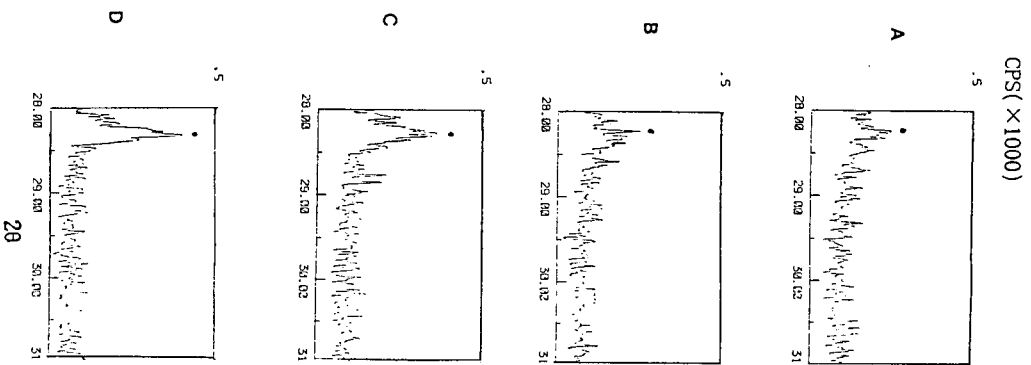


그림 3. XRD Pattern

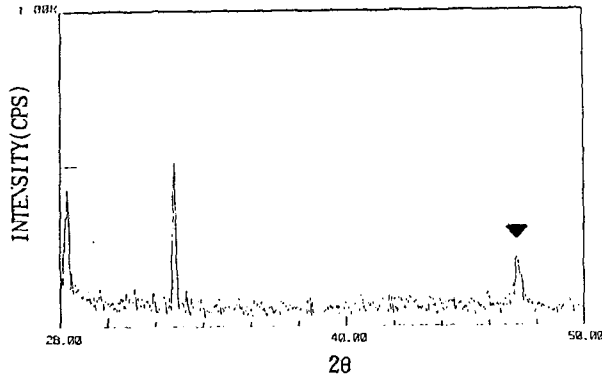


그림 4. 시료 (d)의 (220) 방위

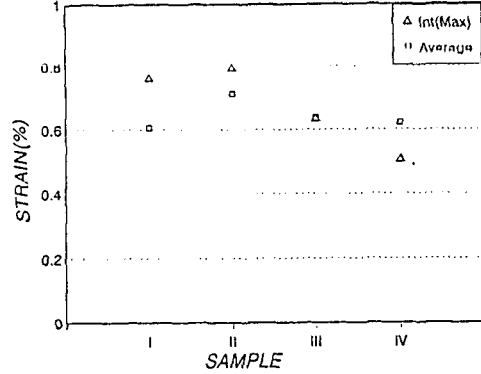


그림 5. 시료의 변형률

	시료 (a) (111) 방위	시료 (b) (111) 방위	시료 (c) (111) 방위	시료 (d) (111) 방위	시료 (d) (220) 방위
STRESS (dynes/cm ²)	1.16±0.12 (10 ¹⁰ dynes/cm ²)	1.20±0.13 (10 ¹⁰ dynes/cm ²)	9.6±1.0 (10 ⁹ dynes/cm ²)	7.7±0.8 (10 ⁹ dynes/cm ²)	3.9±0.4 (10 ⁹ dynes/cm ²)

표 1. 각 시료의 응력값

4. 결론

SEM 사진에서 폴리산화막 위에 증착한 폴리실리콘과 열산화막 위에 증착한 폴리실리콘은 경계가 분명한 결정립 구조를 가졌으며, 결정립의 크기도 상대적으로 조대하였다. 모든 시료는 (111)방위에 대해 0.51%~0.8%의 비교적 작은 격자 변형률을 나타내었는데 시료 (a), (b), (c)의 폴리실리콘은 불균일 변형을 나타냈으며, 시료 (d)는 비교적 균일한 변형을 나타냈다. 또한 시료 (d)의 폴리산화막 위에 증착된 폴리실리콘이 상대적으로 풍부한 (111) 면방위를 가졌으며 0.26%의 낮은 격자 변형률을 나타내는 (220) 방위도 관측되었다. 이 격자 변형률로부터 얻어진 각 시료에 대한 응력은 시료 (d)의 경우가 1.16±0.12(10¹⁰dynes/cm²)로 가장 작은 인장 응력을 나타내었다. 이상의 결과는 폴리산화막이 미세 기계구조의 회생층으로 적합함을 보여준다.

참고문헌

- [1] M.Mehre Gany, et al., Sensors and Actuator, A21-A23 173(1990).
- [2] Steve T.Cho, et al., IEEE Trans. ED, Vol.39, NO 4, 854(1992).
- [3] R.T.Howe and R.S.Muller, J.Electrochem.Soc., Vol.9, 130, 1420(1983)