C-36

P첨가에 따른 MEMS 재료의 특성 평가

(Characteristic Estimation of P-doped Poly-Si/Sacrificial Layer for MEMS)

임종현, 신경식, 이성준, 김철주
서울시립대학교 전자공학과

1. 서론

MEMS(Micro Electromechanical Systems)에서 센서나 액튜에이터의 제작에 사용되는 기술이 표면미세가공기술(Surface Micromachining)이다. 이 기술을 이용하여 미세기계 구조체를 제작할 때 구조체의 재료로서 주로 사용되고 있는 것이 다결정 실리콘인데 구조체를 동작시키기 위해서는 전도성이 필요하므로 다결정 실리콘 내부로 불순물을 도핑하는 것이 필요하다. 다결정 실리콘에 도핑되는 대표적인 불순물로는 인(Phosphorous)과 붕소(Boron)가 있는데 본 연구에서는 인을 불순물로 이용하여 증착조건, 희생층(Sacrificial Layer)의 종류에 따른 다결정 실리콘의 여러가지 특성들을 도핑하지 않은 다결정 실리콘과 비교, 평가하였다. 그에 따른 결과를 이용하여 MEMS에 응용할 수 있는 적합한 박막 형성 조건들을 도출해 보고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서는 P형(100) Si 기판 위에 희생층을 5000Å 증착하고 그 위에 다결정 실리콘을 조건을 다르게 하여 1㎛의 두께로 증착하였다. 희생층으로는 CVD-SiO_2와 SOG를 사용하였고, SOG는 2회의 다중 코팅으로 약 5000Å의 두께를 얻었다. 도핑 방법은 in-situ doping방법을 사용하였는데 인의 소스로는 phosphine(PH_3)을 사용하였다. 실험은 증착온도와 반응가스인 PH_3와 SiH_4의 몰 비를 변화시켜서 각각의 증착조건에 따라 실시한 후, 비교하였다. SOG 막은 코팅과 열처리의 과정을 통해서 형성하였으며 SOG를 제외한 모든 막들은 APCVD system으로 증착하였다. 막의 결정성과 응력은 X선 회절기(XRD)로 평가하였고, 표면 거칠기와 저항률은 각각 AFM과 4-point probe로 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

도핑하지 않은 다결정 실리콘에서는 27° ~ 29° 부근에서 나타나는 (111) 방위의 회절 peak가 뚜렷하게 나타나는 반면에 도핑을 한 시료들에서는 뚜렷한 (111) 방위의 peak가 나타나지 않았고 peak의 값에서도 큰 차이를 가져왔다. 열처리를 한 후, 도핑한 시료에서는 열처리 전보다는 비교적 뚜렷한 (111) 방위의 peak가 관찰되었고 이것은 열처리가 결정화를 이루게 하는데 중요한 요소가 된다는 것을 알려주고 있다. 또한 SOG와 CVD-SiO_2를 비교해 보면 그 위에 증착된 다결정 실리콘에서 측정한 회절 peak의 값이 서로 비슷하게 나왔기 때문에 다결정 실리콘의 결정성에 있어서는 거의 차이가 없는 것으로 볼 수 있다.

표면거칠기에 대한 비교에서 PH_3/SiH_4의 몰 비에 따른 변화는 몰 비가 증가할 수록 표면 거칠기 값이 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고, CVD-SiO_2에 비해 SOG위의 다결정 실리콘에서의 표면 거칠기가 약간 우수하였다.

저항률에서는 720℃에서 증착한 막을 제외하고는 증착 온도가 증가함에 따라 저항률은 감소하고 있는데 이것은 다결정 실리콘 내부의 결정립 크기 증가에 기인한 것이다. 그리고 PH_3/SiH_4의 몰 비가 증가함에 따라서 저항률이 전체적으로 감소하는 경향을 보이는 데 도핑 농도의 증가로 인해서 예상할 수 있는 결과이다. 900℃에서 30분간 열처리를 한 후에 측정한 저항률과 열처리 전의 값을 비교해 보면 열처리 후의 저항률이 현저히 감소한 것을 알 수 있다. 저항률이 감소한 원인은 열처리 동안 결정립 크기가 증가한 것 외에도 결정 내부에 존재하는 결함 밀도의 감소, 결정립계로부터의 불순물 원자들의 이동등에 의해서 일어난 것으로 보인다. 희생층의 종류에 따른 저항률의 변화는 크게 나타나지 않았다.

응력의 측면에서 보면 CVD-SiO_2위의 다결정 실리콘에서는 몰 비가 증가함에 따라 응력이 증가하는 경향을 보였는데 특히 720℃에서 증착한 막에서 두드러졌다. 이에 반해서, SOG 위에서는 온도와 몰 비의 영향을 크게 받지 않았다.

이와 같이, in-situ 도핑한 다결정 실리콘에서 아래의 희생층인 CVD-SiO_2와 SOG에 따른 특성 비교를 살펴 보면 SOG가 기존의 CVD-SiO_2에 비하여 위에 증착되는 다결정 실리콘의 표면거칠기와 응력의 측면에서는 우수한 특성을 보였고, 결정성과 저항률 측면에서는 비슷한 특성을 보였다. 그러므로, SOG film을 형성하는데 있어서 공정의 용이함을 고려하여 CVD-SiO_2와 비교해 보면 in-situ 도핑된 다결정 실리콘 구조체의 제작에서는 SOG가 희생층으로서 적합하다는 것을 알 수 있었다.