

## 결정화된 실리콘 막질에 미치는 고온 열처리 효과

진 원화 · 이 재갑

국민대 금속재료 공학과

Polycrystalline Si에서 carrier mobility를 향상시키기 위한 방법으로 두가지 방법이 시도되어 왔다. 첫째로 수소 안정화(Hydrogen passivation)의 방법으로 입자 계면(grain boundaries)의 장벽 높이(barrier height)를 낮추는 방법이고 둘째로 입자크기(grain size)를 크게 하여 mobility를 향상시키는 방법이다. 이와 함께, 최근에 입자 내부의 defect가 mobility 감소에 미치는 영향에 대한 발표가 이루어지고 있다. 저온(600℃)에서 결정화가 완료된 다결정 실리콘막을 고온열처리를 실시하여 입자 내부의 extended defects(microtwin)를 감소시켜 전기적 특성의 향상을 이룩하였으며<sup>(1)</sup>, 특히 산소 분위기에서 실시한 고온 열처리는 질소분위기에 비하여 microtwin 제거 효과가 탁월한 것으로 보고 되고 있다.<sup>(2)</sup> 그러므로 본 연구에서는 서로다른 조건하에서 형성된 비정질 실리콘을 (SiH<sub>4</sub> amorphous Si, Si<sup>+</sup> amorphous Si, Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> amorphous Si) 온도(900℃, 1050℃)와 분위기(N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>=1:9, O<sub>2</sub>)를 실험변수로 하여 고온열처리를 실시하여 온도와 분위기가 각각 입자내 defect의 감소에 미치는 영향과 입자 크기의 변화를 TEM(transmission electron microscope)을 이용하여 관찰 하고, 표면 거칠기 변화 조사는 AFM(Atomic Force Microscopy)을 이용하여 관찰 하였다.

### 실험 방법

Table 1에서 볼 수 있는 것과 같이 다른 조건하에서 만들어진 비정질을 결정화 시킨 후에 온도와 분위기를 달리하면서 고온 열처리를 실시하였다. (100)wafer위에서 900℃와 1050℃에서 산화막을 성장시킨후 α-step을 이용하여 산화막의 두께를 측정한 후 900℃ 와 1050℃ 온도에서 산화량을 일정하게 하기위하여 200Å의 산화막 성장조건을 산화 열처리 조건으로 설정하여 온도가 막질에 미치는 영향을 검토하였다. 즉, 900℃에서는 5slm 유량의 O<sub>2</sub>를 30분간 흘리면서 산화를 실시하고, 1050℃에서는 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>의 유량비를 9slm/1slm으로 흘려주면서 산화를 30분간 실시하였다.

Table 1 증착및 열처리 조건.

증착 조건	Si <sup>+</sup> I/I	결정화 조건	고온 열처리			
			O <sub>2</sub> 열처리		N <sub>2</sub> 열처리	
source gas: SiH <sub>4</sub> temp: 550℃, thickness: 1000 Å	No I/I	temp:600℃ time:9hr				
source gas: SiH <sub>4</sub> temp: 550℃ thickness: 1000 Å	120keV, 2×10 <sup>15</sup> /cm <sup>2</sup>	temp:600℃ time:24hr	900℃, 5slm O <sub>2</sub> , 30min	1050℃, 10slm (N <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> =9:1), 30min	900℃, 14slm N <sub>2</sub> , 30min	1050℃, 14slm N <sub>2</sub> , 30min
source gas: Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> temp: 485℃ thickness: 1000 Å	No I/I	temp:600℃ time:9hr				

### 실험 결론

서로 다른 비정질 실리콘을 결정화 시킨후의 고온 열처리는 온도와 분위기를 실험 변수로 하여 결정화가 완료된 샘플에 대하여 실시하여 Fig.1,2,3에서처럼 intergrain defects 감소에 큰 효과를 확인 하였고, 분위기에 대하여는 O<sub>2</sub> 열처리가 N<sub>2</sub> 열처리 보다 효과가 뚜렷하였으며, 같은 분위기에서는 높은 온도가 약간 좋은 효과를 보았다. 또한 같은 온도의 O<sub>2</sub> 열처리에서 산화량이 많은 경우에 보다 확실

한 micro twin 감소 효과를 관찰하였다. 입자 크기는 고온 열처리를 실시함으로써 크기의 감소 현상이 일어나고, 예로 1050°C O<sub>2</sub>-anneal에서 SiH<sub>4</sub> poly-Si의 경우 1500 Å-2000 Å에서 1000 Å 정도로 Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 경우 6000 Å-13000 Å에서 3000 Å 정도로 Si<sup>+</sup> implanted poly-Si의 경우 8000 Å-10000 Å에서 1000 Å 이하의 작은 입자형성으로 각각 감소하였다. 특히 SiH<sub>4</sub> poly-Si의 O<sub>2</sub>열처리에서는 defect로 가득찬 dendrite 형태의 큰 입자들이 defect-free하면서, 등방형의 작은 입자들로 바뀌어 형성되는 것을 볼 수 있다. 이 같은 변화는 defect의 존재가 driving force가 되어 일어나는 재결정 현상으로 이해되어 질 수 있다. 열처리가 표면의 거칠기에 미치는 영향은 O<sub>2</sub>열처리가 N<sub>2</sub>열처리보다 표면의 거칠기가 증가되었고, 900°C보다 1050°C에 표면 거칠기가 증가되었으며, 이 효과는 O<sub>2</sub> 분위기에서 매우 현저하였고, 산화량이 증가할수록 표면 거칠기가 급격히 증가 하였다.

#### REFERENCE

1. M.Bonnel, D.Duhamel, L.Haji, B.Loysel, and J.Stoemenos, IEEE Electron Device Lett., Vol.14, No.12, 1993, p.551.
2. Y.Fukushima, T.Ueda, and H.Korniya, Extended Abstracts of the 1993 International Conference on SSDM, 1993, P.993-995.



Fig.1. 550°C SiH<sub>4</sub> a-Si (a) annealed at 600°C and (b) subsequently O<sub>2</sub>-annealed at 1050°C.

Fig.2. 485°C Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> a-Si (a) annealed at 600°C and (b) subsequently O<sub>2</sub>-annealed at 1050°C.

Fig.3. Si<sup>+</sup> implanted a-Si (a) annealed at 600°C and (b) subsequently O<sub>2</sub>-annealed at 1050°C.