

## Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>상에 PECVD법으로 형성한 텅스텐 박막의 특성

이찬용, 배성찬, 이종현, 이재곤, 최시영, 박순섭\*  
경북대학교 전자공학과, \*전자부품종합기술연구소

### 1. 서론

반도체 소자의 집적화가 가속되면서 급격하게 작아지고있는 선폭과 pattern size로 인하여 x-ray lithography공정이 반도체소자 제조공정에 있어서 필수적인 공정이 되었다. x-ray lithography공정에 있어서 x-ray mask 제조는 매우 중요한 부분으로서 현재 그 membrane 과 absorber를 효과적으로 형성하기 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>1)</sup> 또, 최근에 3차원 미세구조물의 제작이 가능하여 각광받고 있는 LIGA(lithographie galvanofornung abfornung : lithography electroforming molding)공정에서도 두꺼운 absorber를 가지는 x-ray mask제조가 가장 중요한 부분이라 할 수 있다.<sup>2)</sup> 이에 본 연구에서는 x-ray mask제조 의 기초연구로서 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (membrane)상에 tungsten(absorber)을 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)법으로 증착시, 여러 공정 변수가 tungsten film의 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

### 2. 실험

사용한 substrate는 p-type (100) wafer 위에 SiO<sub>2</sub> 3000Å 과 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 1600Å을 차례로 LPCVD(low pressure chemical vapor deposition)법으로 형성한 wafer를 사용하였다. 반응기는 13.56MHz의 plasma mode를 사용하는 평행판형의 PECVD reactor를 사용하였고 반응가스는 WF<sub>6</sub>와 SiH<sub>4</sub>를 사용하였으며 throttle valve를 사용하여 전체압력을 500 mTorr로 유지하였다. 표면 반응 온도는 150℃ ~ 300℃, rf power는 0.04W/cm<sup>2</sup> 이었으며 반응가스의 유량비는 SiH<sub>4</sub>의 유량을 2.5sccm으로 고정하고 WF<sub>6</sub>의 유량을 1.25 sccm ~ 5 sccm으로 변화시켰다. 증착된 tungsten film의 두께측정을 위하여 SEM(scanning electron microscope)과  $\alpha$ -step(T-200)을 이용하였으며, stress 측정을 위하여 Tencor FLX-2320장비를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

일반적인 CVD공정에서 기판온도에 따른 증착 속도의 차이는 낮은 기판온도에서의 표면 반응이 율속 단계가 되는 surface reaction controlled 영역과 높은 기판온도에서 반응속도가 반응물의 기판으로의 확산이 율속 단계가 되는 mass transfer controlled 영역으로 나누어진 다.<sup>3)</sup> 본 연구에서는 250℃를 경계로 하여 surface reaction controlled 영역과 mass transfer controlled 영역이 나뉘어 점을 볼 수 있었다(그림. 1). 반응온도 180℃에서 SiH<sub>4</sub>와 WF<sub>6</sub>의 유량비 변화에 따른 deposition rate는 SiH<sub>4</sub>/WF<sub>6</sub> 값이 1일 때 가장 높았으며 SiH<sub>4</sub>양이 많아 질수록 증착율이 낮아짐을 알 수 있었다(그림. 1). 온도 변화에 따른 증착율은 그 최고와 최저값의 차이가 400Å/min 인데 반해 유량비 변화에 따른 증착율은 최고와 최저값의 차이가 50Å/min 인 점에서 볼 때 반응온도가 유량비에 비하여 tungsten film의 증착속도에 많은 영향을 준다는 사실을 알 수 있었다. 반응온도 변화에 따른 tungsten박막의 stress를 조사한 결과 온도가 증가할수록 점점 stress가 커지다가 250℃ 일 때 9.580×10<sup>9</sup> dyne/cm<sup>2</sup>으로 가장 크게 나타났으며 그이상의 온도에서는 다시 줄어드는 현상을 보였다(그림.2). 그 이유로는 250℃이하의 온도에서는 전체 stress 중에서 기판표면온도에 영향을 받는 extrinsic stress가 dominant 하였다가 그 이상의 온도에서는 내부 구조적인 intrinsic stress가 전체 stress에 크게 영향을 미친다고 할 수 있겠다. intrinsic stress가 전체 stress에 크게 영향을 미치는 영역인 260℃에서 반응가스의 유량비 변화에 따른 stress 변화를 살펴본 결과 SiH<sub>4</sub>/WF<sub>6</sub>값이 1 이상이 되면 급격하게 stress가 증가하는 것을 알 수 있었다(그림.2). 이는 SiH<sub>4</sub>양이 증가하여 증착층에 Si이 불순물로 작용하여 tungsten 구조에 영향을 주는 것으로 보여진다.<sup>4)</sup> 그림3은 증착된 tungsten film의 SEM 단면 사진이다.

#### 4. 결론

PECVD방법으로  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 기판위에 tungsten film을 증착할 때, 반응온도와 반응가스의 유량비 변화에 따른 tungsten film의 증착속도와 stress 변화에 대하여 조사한 결과,  $250^\circ\text{C}$ 의 반응 온도에서 가장 증착속도가 가장 빨랐으며 반응가스의 유량비,  $\text{SiH}_4/\text{WF}_6$  값이 1일 때 그 증착속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 반응온도에 따른 tungsten film의 stress가  $250^\circ\text{C}$ 까지 반응온도를 증가시키면 점점 커지다가 그 이상의 온도에서는 그 크기가 작아지는 경향을 보이는 것으로 보아  $250^\circ\text{C}$  이상에서는 intrinsic stress가 전체 film stress에 영향을 준다고 보여진다. 반응가스의 유량비 변화에 따른 stress를 조사한 결과,  $\text{SiH}_4/\text{WF}_6$ 값이 1 이상이 되면 급격하게 stress가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 증착층의 Si이 film구조에 영향을 준다고 생각된다.

#### 5. 참고문헌

- 1) A. Heuberger, Microelectronic Engineering 5, pp. 3-38 (1986)
- 2) Walter Bacher et al, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 12, no. 5, pp. 431-441, (1995)
- 3) S. Sivaram, in "Chemical Vapor Deposition", p. 91, International Thomson Publishing Inc., (1995)
- 4) 홍종성 등, 전자공학회지, 제 28권, A편, 제 2호, pp.44-51, (1991)

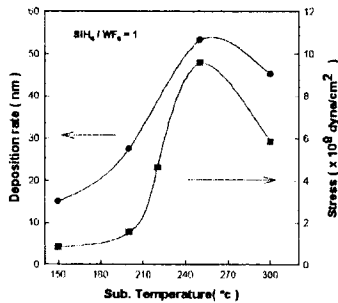


그림 1.

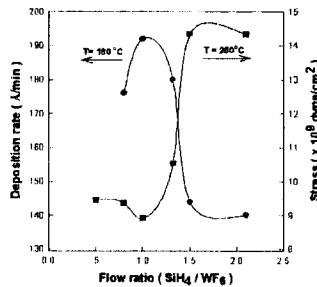


그림 2.

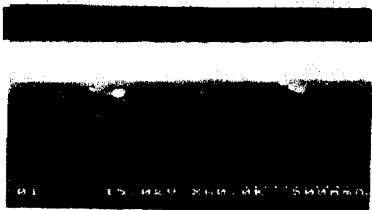


그림 3.

그림 1. 온도변화에 따른 증착속도와 stress의 변화

그림 2. 반응가스 유량비 변화에 따른 증착속도와 stress의 변화

그림 3. 증착된 film의 SEM 단면 사진 (  $T = 180^\circ\text{C}$ ,  $\text{WF}_6 / \text{SiH}_4 = 1$  )