

# ULSI용 저저항 텅스텐 및 텅스텐질화박막의 특성 ( Characteristics of low resistive W and W<sub>2</sub>N thin films for ULSI )

한국과학기술연구원 민 석기

서론

텅스텐박막은 초고집적회로(ULSI)의 interconnection, gate 및 contact전극으로 사용되는 metallization재료로서 최근에 이에 관한 집중적인 연구가 진행되고 있다<sup>1-2)</sup>. 특히, 지금까지 주로 연구되어온 물리적인 증착방법인 sputtering등에 의한 텅스텐박막은 소자의 신뢰도를 저하시키고 gate를 손상시킬 염려가 있는등 문제점이 많은 것으로 보고 되고 있다. 따라서 물리적인 증착방법의 단점을 해소시킨 것으로 저압화학증착법에 의한 텅스텐 박막의 특성이 많이 보고되어 왔다. 그러나 저압화학증착법에 의한 텅스텐박막형성은 절연막 혹은 화합물반도체등의 metallization에는 응용할 수 없는 단점이 있다. 그 이유는 WF<sub>6</sub>와 수소를 반응물로 사용한 저압 화학증착공정에서 F원자의 과다생성에 의하여 실리콘표면이 심하게 손상되기 때문이다. 최근 이와 같은 저압화학증착법의 단점을 보완할 수 있는 방법으로 플라즈마화학증착법에 의한 텅스텐박막의 형성기술이 제안되었다<sup>3)</sup>. 플라즈마화학증착법으로 형성된 텅스텐박막은 플라즈마상태에서 생성되는 각종 radical들에 대한 반응성 및 공정변수의 제어가 대단히 어려워져서 최근까지 저압화학증착법에 의한 텅스텐박막에 비해 5-10배 정도 비저항값이 높은 것으로 알려져 왔다. 그러나, 플라즈마반응기 내의 radical을 in-situ monitoring할 수 있는 optical actinometric spectroscopy방법에 의하여 반응물의 분압을 최적화 시키고 기판의 실제온도를 정확히 측정, 제어한 방법에 의해서<sup>4-5)</sup> 약 10 μΩ-cm의 전기적 저항을 가진 플라즈마화학증착법에 의한 텅스텐박막을 얻을 수 있었다. 이 결과는 현재 플라즈마화학증착법에 의해서 얻은 가장 낮은 비저항값으로 보고되고 있다<sup>5)</sup>. 또한 플라즈마화학증착법을 이용함으로써 텅스텐 위시한 각종 metallization형성시 없어서는 안될 barrier layer인 텅스텐질화박막을 성장시킬 수 있었다.

실험 및 고찰

텅스텐 및 텅스텐질화박막에 사용한 실리콘기판은 5-6 Ω-cm의 N-형 (100) Si wafer였으며, 반응기는 실험실에서 제작된 평행전극-냉각벽형의 PECVD system이었다. 반응물은 WF<sub>6</sub>(99.995%), H<sub>2</sub>(99.999%), SiH<sub>4</sub>(99.999%)이며, 13.65 MHz의 고주파를 사용하여 기체방전에 의한 박막성장방법을 사용하였다.

그림 1은 증착온도를 200-500 °C로 변화시키면서 플라즈마 및 저압화학증착법으로 성장시킨 텅스텐박막의 비저항을 조사한 것이다. 증착온도 300 °C이하의 경우 성장시킨 텅스텐박막의 비저항은 60-70 μΩ-cm로 높았으나 300 °C이상의 경우 약 10 μΩ-cm정도의 낮은 비저항값을 나타냈다. 이 결과는 x-선 회절무늬를 통해 결정구조를 조사한 결과 (110) 및 (200)방향의 체심입방정 구조로 결정성장이 일어났음을 알 수 있었으며 기판온도가 낮을 경우 F원자의 탈착이 원활히 일어나지 않음으로써 박막의 결정상태가 불안정한 A-15구조를 가지며 이 때 불순물원자에 의한 산란으로 전자이동을 방해함으로써 전기저항이 높아진다. 따라서 F 불순물의 영향이 텅스텐박막의 결정구조 및 grain형성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 H<sub>2</sub>/WF<sub>6</sub>분압비를 5-50으로 변화시키면서 F원자의 반응물내의 농도를 조사하였다. H<sub>2</sub>/WF<sub>6</sub>분압비의 변화에 따른 F농도변화를 정확히 측정하기 위하여 Ar원자의 emission intensity를 표준으로하여 식(1)과 같은 actinometric relationship에 의하여 F농도를 측정하였다.

$$[F] \approx [Ar] I_F/I_{Ar} \dots \dots \dots (1)$$

그 결과 그림 2에서와 같이 F원자의 농도가 H<sub>2</sub>/WF<sub>6</sub>분압비가 15이하인 경우 지수함수적인 증가를 보였다. 이는 H<sub>2</sub>/WF<sub>6</sub>분압비가 낮아질 경우 WF<sub>6</sub>의 환원반응에 필요한 수소분압이 결핍됨으로써 F원자가 제거되지 않은 상태로 텅스텐박막의 성장에 기상반응물로 흡착될 확률이 높아지게 되고 따라서 텅스텐박막의 결정구조 및 grain이 영향을 받게 된다. TEM에 의하여 grain을 조사한 결과 수소분압이 낮아 질수록 porous W박막이 형성되었으며 전기저항 역시 약 100 μΩ-cm 까지 높아지는 것을 알 수 있었다.

텅스텐질화박막을 성장시키기 위하여  $WF_6$  (99.995%),  $H_2$  (99.999%) 및  $NH_3$  (99.999%)를 반응기체로 사용하였다. 텅스텐질화박막의 비저항은 80-200  $\mu\Omega$ -cm였으며  $NH_3$ 의 분압비에 따라 질소농도를 제어할 수 있었다. 텅스텐질화박막을 barrier layer로 사용하여 텅스텐박막을 형성시킬 경우 900  $^{\circ}C$ 이상의 고온에서도 실리콘표면과의 반응에 의한 silicide가 형성되지 않았다.

### 결론

플라즈마화학증착법에 의한 텅스텐 및 텅스텐질화박막의 성장을 위한 최적반응조건을 조사하였다. 그 결과  $H_2/WF_6$  분압비가 25이상 이고, 증착온도 300  $^{\circ}C$ 이상에서 체심입방정의 텅스텐박막을 증착시킬 수 있었다. TEM, SEM, Optical actinometry, AES, SIMS등의 분석방법으로 이 결과를 입증하였으며, metallization에서 절대적으로 필요한 새로운 barrier layer로서 텅스텐질화박막을 제안하고 그특성을 조사하였다. 그 결과 향후 ULSI소자 금속배선에 응용가능성을 충분함을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- 1) E. K. Broadbent, J. Electrochem. Soc., vol. 131, p.1428 (1989)
- 2) J. R. Creighton, J. Electrochem. Soc., vol. 136, p.271 (1989)
- 3) W. M. Greene and D. W. Hess, Appl. Phys. Lett., vol. 52, p.1133 (1988)
- 4) Y. T. Kim, S-K. Min, Appl. Phys. Lett., vol. 58, p.837 (1991)
- 5) Y. T. Kim, S-K. Min, Appl. Phys. Lett., vol. 59, p.3138 (1991)

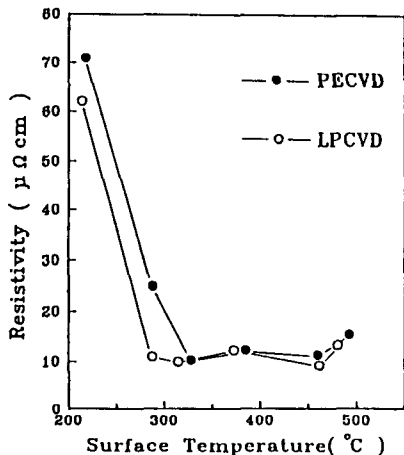


Fig. 1. Dependence of resistivity on surface reaction temperature.

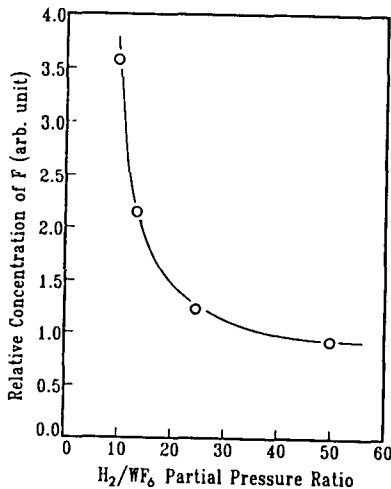


FIG. 2. The relative concentration of fluorine atoms vs  $H_2/WF_6$  partial pressure ratio.