

TiN 위에 텅스텐의 저압화학증착

이시우, 이 청, 이건홍, 박상규

포항공과대학 화학공학과 재료공정연구소

1. 서론

집적회로의 선폭이 작아짐에 따라 기존에 널리 사용되어 온 알루미늄 금속배선은 electromigration 현상등 여러가지 문제점으로 인하여 텅스텐 등 새로운 물질의 증착공정이 필요하게 되었다. 그러나 텅스텐 증착공정에 있어서 WF_6 와 실리콘의 높은 반응성으로 인하여 실리콘 층의 소모가 일어나고 oxide와 텅스텐의 낮은 접합성 때문에 텅스텐 증착공정시 문제가 되고 있다. 따라서 텅스텐과 실리콘 사이에는 diffusion barrier가, 텅스텐과 oxide 사이에는 glue layer가 필요하고 이에 TiN이 적합한 것으로 알려져 있다.

본 연구는 이러한 TiN 박막의 필요성에 따라 TiN위에 텅스텐을 증착 시킬때 발생하는 현상들을 이해하고 또한 최적 증착조건을 찾고자 하였다.

2. 실험방법

TiN위에 텅스텐을 증착하기 위하여 LPCVD 반응기를 이용하였다. 반응기 내의 압력은 0.3mbar, 온도는 250-380 °C로 하였다. 본 실험은 크게 두가지로 나누어 실행하였다. 먼저 WF_6 및 사일린을 각각 흘려 보내서 WF_6 와 TiN, 그리고 사일린과 TiN의 표면반응을 ESCA로 검사하였고, 텅스텐 박막을 성장시킨 후 AES와 RBS로부터 깊이에 따른 농도 분포를 조사하였다. 그리고, 표면에 형성된 반응물이 induction time에 어느정도 영향을 미치는가를 분석하였고, instron을 이용하여 W/TiN 계면에서의 접착성을 알아 보았다.

3. 결과 및 고찰

TiN은 그림 1에서 보듯 해리 에너지가 Si-O보다는 작지만 Si-Si보다는 커서 비교적 안정한 상태의 물질임을 알 수 있다. 따라서 TiN 위에 텅스텐을 증착하는 것은 실리콘 위에 증착하는 것보다 긴 induction time을 요구한다.

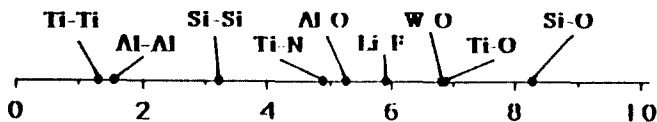
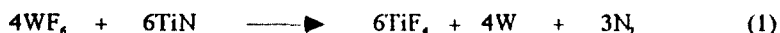


Fig. 1 Dissociation energy in the ground state (eV)

그러나 반응식 (1) ~ (3)에서와 같이 WF_6 나 사일린으로 TiN 표면을 전처리 (pretreatment) 할 경우 텅스텐의 증착이 보다 용이해진다. XPS 분석으로부터(그림 2) 반응물 전처리 시 형성될 수 있는 표면의 불순물을 조사할 수 있었다. 이 결과로부터 WF_6 로 전처리했을 경우에는 반응식 (1)과 같이 TiN 표면이 활성화되는 것을 알 수 있었다.



SiH_4 로 먼저 TiN 표면을 처리했을 경우는 실리콘 peak가 나타나는 것으로 보

아 반응식 (2)나 (3)과 같이 사일린이 분해되어 Si_3N_4 나 실리콘을 형성하는 것으로 여겨진다.

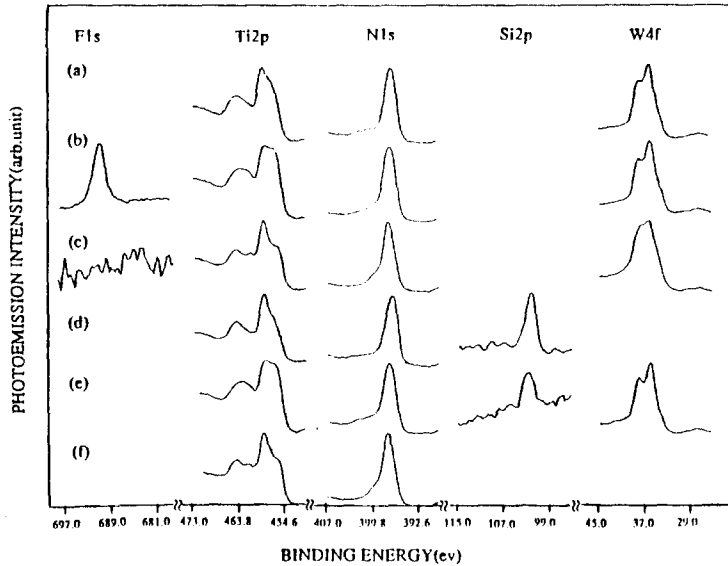
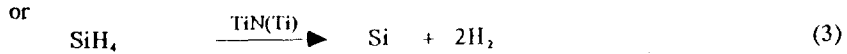
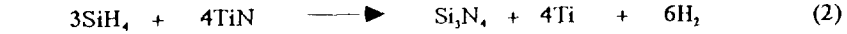


Fig. 2 XPS spectra of reactant contaminated TiN surface
pretreatment of (a) $SiH_4 \rightarrow WF_6$, (b) WF_6 , (c) WF_6 (room temp.), (d) SiH_4 , (e) $WF_6 \rightarrow SiH_4$, (f) bare TiN ; conditions : $T = 360^\circ C$, $P_{tot} = 0.3mbar$, $Ar = 300sccm$

Induction time은 사일린으로 전처리 했을 경우에 가장 적은 것으로 나타났다. W/TiN 계면에 형성된 불순물 및 계면상태를 알아보기 위하여 AES 및 RBS 분석을 하였다. 이때 계면에 형성될 수 있는 불순물 즉, 실리콘 및 TiF_4 등은 본 분석장비로는 검출되지 않았다. RBS 분석으로 부터 TiN과 텅스텐이 계면에서 다소 섞임을 알 수 있었고 이는 W/TiN의 접착력을 증가시키는 원인으로 생각할 수 있다.

Instron pull test로부터 W/TiN 계면에서의 접착력은 온도에 영향을 받고, 온도가 $275^\circ C$ 이하일 때 접착력이 떨어짐을 알 수 있었다.

4. 결론

WF_6 및 사일린을 TiN에 흘린 후 표면에 형성된 물질을 ESCA 분석을 통하여 반응메카니즘을 추정할 수 있었다. 사일린 및 WF_6 전처리시 형성된 실리콘 및 활성화된 TiN은 텅스텐의 증착을 용이하게 한다. AES, RBS 검사로부터 불순물이 W/TiN 계면에 형성되지 않았음을 알 수 있었다. 계면에서의 접착력은 온도에 영향을 받았으며 온도가 $275^\circ C$ 이하일 때 접착력이 떨어졌다.

5. 참고문헌

M. L. Yu, K. Y. Ahn, and R. V. Joshi, J. Appl. Phys., 67(2), P 1055, 1990