

텅스텐 박막의 증착함에 대한 조업변수의 영향

최희석(학), 이청*, 이시우(정), 박상규(정)
 포항공과대학 화학공학과 재료공정연구실
 *삼성전자 연구소

The effect of process parameters on step coverage of tungsten films

H.- S. Choi, C. Yi, S. Rhee, and S.-K. Park
 Laboratory for Advanced Materials Processing
 Dept. of Chemical Engineering, POSTECH

1. 서론

소자의 크기가 마이크론(1mm) 이하인 초고집적회로 제조시 금속 배선 공정의 중요성이 점점 증대되고 있다. 특히 via hole 과 contact hole 에 평탄화를 이루면서 금속을 채울때 높은 증착함(step coverage)을 얻을 수 있는 화학증착법이 관심을 끌고 있다. 본 연구에서는 WF_6 - SiH_4 를 사용한 텅스텐 박막의 화학증착 공정에서 증착함에 영향을 주는 인자에 대한 실험을 하여 공정의 최적조건을 찾고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 시편의 단결정 실리콘웨이퍼 표면에는 깊이 3 마이크론, 입구의 크기가 0.3-3mm (aspect ratio가 1에서 10)인 trench가 1cmX1cm크기에 500여개 만들어져 있다. RCA 공정으로 세척한 웨이퍼를 LPCVD 반응기에 넣고 WF_6 와 SiH_4 , 그리고 운반기체로 수소 혹은 아르곤, 헬륨을 주입시켜 화학증착을 하였다.

본 실험에서는 증착함을 윗 표면에 증착된 텅스텐 박막의 두께와 trench 바닥에 증착된 두께의 비로 정의하였다.

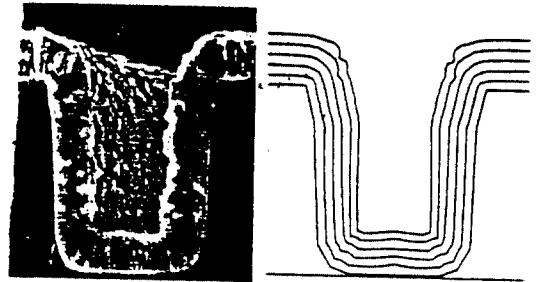
3. 결과 및 고찰

증착함 고찰에 있어서는 반응속도 및 물질전달에 대한 이해가 필요하다. trench 내부에서의 확산은 bulk에서의 확산보다 아주 느린 Knudsen 확산을 하게된다. 식(1)에서 보듯이 Knudsen 계수는 온도 및 분자량, trench의 폭에 의존하게 된다.

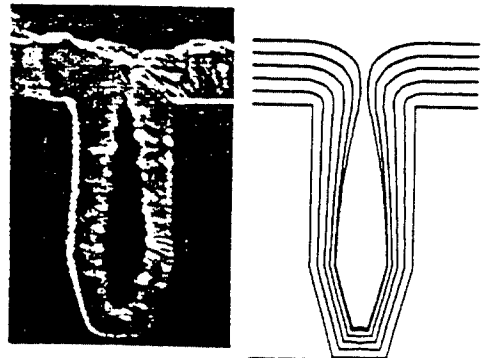
$$D_k = 2/3W(8RT/pM)^{1/2} \quad (1)$$

그림(1)은 aspect ratio에 따라 증착함이 떨어지는 것을 잘 보여 주고 있다. trench 폭이 작아 내

부로 물질전달이 느려지게 되면 trench의 깊이에 따라 반응물 농도 구배가 일어나게 되고 이는 trench 내부 각 위치에서 증착속도의 차이를 가져와 증착함이 떨어지게 된다.



A.R. = 1.2



A.R. = 2.55

Fig.1 Step Coverage at Different Aspect Ratios
 T=350°C , n=0.09

Monte Carlo법에 의한 전산모사에서 온도와 부착계수와의 관계는 온도가 높아짐에 따라 부착계수는 커지며 부착계수가 클수록 증착힘이 떨어짐을 알 수 있었다. 그림(2)는 기판의 온도에 대한 증착힘의 변화를 나타낸다. 기판의 온도가 증가함에 따라 trench 윗면에서의 증착속도가 trench 바닥의 증착속도보다 빠르게되기 때문에 local growth rate의 차이가 더욱 커져 증착힘을 떨어 뜨리는 원인이 된다.

그림(3)은 총 유량의 증가에 따라 trench 윗면에서와 바닥에서의 각각 증착속도를 나타내며 이것을 그림(4)에서 증착힘의 변화로 나타내었다.

반응기체의 유량이 작은 영역에서는 유량을 증가시키면 물질전달 경계층의 두께가 얇아져서 trench 윗면의 증착속도는 증가하는 경향을 보인다. 그러나 유량이 계속 증가하면 증착속도가 떨어진다. 이것은 표면위의 얇은 열 경계층안에 있을 수 있는 반응 중간체의 체류 시간이 짧아져 증착속도가 감소되는 것으로 생각된다.

반면 trench 내부에서는 Knudsen flow이므로 증착속도는 반응기체의 유량 증가에 대해 별로 영향을 받지 않으나 반응 중간체의 체류 시간이 짧아져 trench 입구로 들어오는 반응 중간체의 양이 적어져 증착 속도는 감소된다. trench 윗면의 증착속도와 trench 내부의 증착속도의 비로 증착힘을 나타내면 총유량의 증가에 따라 증착힘이 떨어짐을 알 수 있다.

반응기체의 부분압을 일정하게 두고 총압력의 변화에 대한 증착힘의 변화는 총압력 증가함에 따라 증착힘이 떨어지며 그밖에 반응기내 압력의 변화에 대한 증착힘의 변화는 압력이 낮은 영역에서는 압력의 증가에 따라 증착힘이 좋아지지만, 1mbar 정도의 비교적 높은 압력에서는 오히려 증착힘이 크게 떨어진다. 또한 운반기체로 수소를 사용하였을 때, 아르곤 사용시 보다 증착힘이 떨어짐을 알 수 있었으며 헬륨에 대한 증착힘의 변화를 고찰해 보았다.

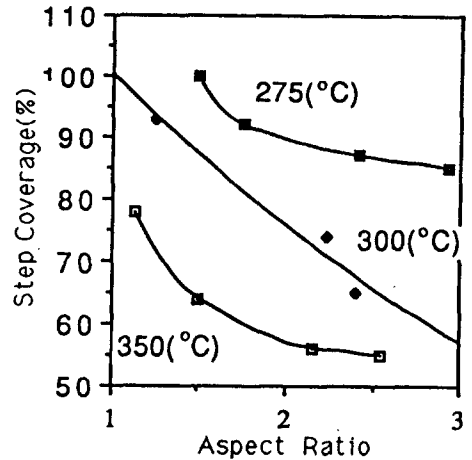


Fig.2 Effect of Substrate Temperature
P=0.3mbar, $WF_6/SiH_4/Ar=10/10/400$ sccm

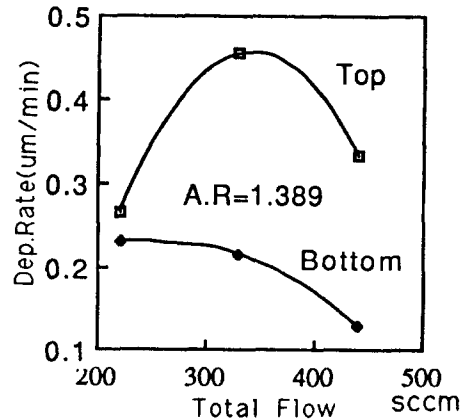


Fig.3 T=275°C, P=0.3mbar
 $SiH_4/WF_6/Ar : (10/10/200), (15/15/300), (20/20/400)$ sccm

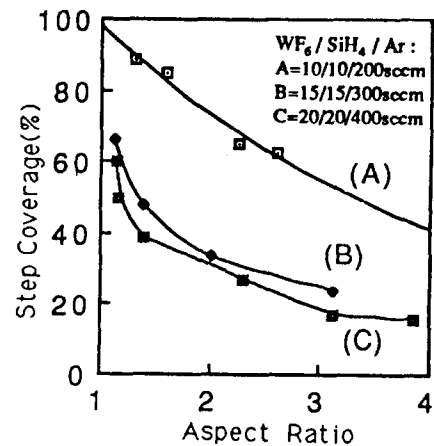


Fig.4 Effect of Total Flow Rate (T=275°C, P=0.3mbar)