

# 운반기체가 텅스텐 박막의 물성에 미치는 영향

이시우(정), 최희석\*

포항공과대학 화학공학과 재료공정연구실

\*삼성종합기술원

Effect of carrier gases on properties of tungsten thin film

H.-S. Choi and S. Rhee

Laboratory for Advanced Materials Processing

Dept. of Chemical Engineering, POSTECH

## 1. 서론

소자의 선폭이 1마이크론( $\mu\text{m}$ ) 이하로 작아짐에 따라 금속 배선 공정의 중요성이 점점 커지고 있다.

텅스텐은 기존의 알루미늄에 비해 용점이 높고 안정하며 높은 전류 밀도에도 잘 견디는 장점이 있다

화학증착 공정에서 운반기체는 반응물의 농도를 적당하게 조절하고 유체의 흐름을 안정하게 유지시키는 역할을 한다. 이 경우 운반기체의 물성은 기상에서의 유체역학, 온도분포, 물질 전달 등에 중요한 영향을 미치며, 이에 따라 운반기체는 증착 메카니즘 및 박막의 물성에도 관여하게 된다.

본 연구는 이러한 배경으로 부터 텅스텐 박막의 화학증착에 있어서  $\text{WF}_6$ - $\text{SiH}_4$  반응물에 아르곤, 수소 그리고 헬륨을 운반기체로 사용하여 증착 메카니즘, 박막의 물성, 표면의 거칠기, 층덮힘 등을 살펴 보았다.

## 2. 실험

본 실험은 n-type (111)형태의 4 inch 크기인 단결정 실리콘 웨이퍼와 층덮힘 실험을 위해 aspect ratio가 1~10인 trench 들이 만들어진 단결정 실리콘 웨이퍼를 시편으로 사용하였다.

RCA공정으로 세척한 웨이퍼를 LPCVD 반응기에 넣고  $\text{WF}_6$ ,  $\text{SiH}_4$  을 각각 10sccm, 운반기체(Ar, He,  $\text{H}_2$ )는 200sccm 으로 고정시켜 압력 0.3mbar 에서 225~400°C 로 변화시켜가면서 텅스텐 박막의 화학증착 실험을 하였다.

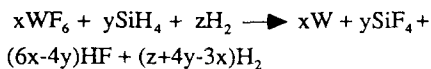
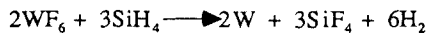
## 3. 결과

운반기체의 물리적, 열역학적 성질에 따라 반응기 내에서 반응물의 유체역학, 열 및 물질전달을 통한 기상 및 표면반응이 증착속도 및 박막의 물성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 수소나 헬륨을 운반기체로 사용하였을때 기판 표면에서의 열경계층 두께가 아르곤을 사용하였을때 보다 약 2배 정도 두꺼워 반응기 내에서 기상반응이 촉진된다. 특히 수소의 경우는  $\text{WF}_6$ - $\text{SiH}_4$  화학반응에서 반응 부산물로 생성되며 이에따라 반응에 직접 영향을 준다.

그림(1)은 운반기체에 따른 증착속도를 Arrhenius plot 한 것이다. 운반기체로 아르곤을 사용하여 증착시켰을 경우 수소 혹은 헬륨을 사용하여 증착시켰을때 보다 증착속도가 훨씬 빠르다.

수소, 헬륨의 열 확산계수 (thermal diffusivity)가 아르곤에 비해 훨씬 커서 기판 표면에서의 열 경계층 (thermal boundary layer)이 두꺼워져 기상반응을 촉진시킬 것이며 아울러 운반기체를 수소 혹은 헬륨을 사용하였을 경우가 아르곤을 사용하였을 경우보다 기상에서 반응물의 물질전달이 빨라 두꺼운 열 경계층에서 기상반응으로 생기는 반응 중간물 혹은 W-nuclei (혹은 clusters) 들이 많아 질 것이다.

이러한 반응 중간물 혹은 W-nuclei (혹은 clusters) 들은 기판에 흡착되어 반응에 모두 참여하지 않고 반응기 밖으로 빠져나가 증착속도가 낮아지는 것으로 추측된다. 그리고 수소를 운반기체로 사용하였을 경우 아래 식에서 알 수 있듯이 수소는 사일린 환원 반응시 반응 부산물임을 알 수 있으며 수소의 첨가는 반응 부산물의 영향을 증가시켜 정반응을 억제시키는 역할을 할 뿐만 아니라 수소가 금속표면에 흡착되어 반응물의 흡착을 방해하여 헬륨을 운반기체로 사용하여 텅스텐을 증착시키는 경우보다 증착속도가 낮다.



그림(2)는 운반기체와 증착온도에 따른 텅스텐 박막의 비저항 (resistivity) 값을 나타낸다. 운반기체로 아르곤을 사용하였을 때 가장 높은 전기 저항값을 갖고 다음 헬륨, 수소 순으로 나타난다.

XRD 분석 결과 박막의 결정크기는 수소를 운반기체로 사용하였을 때 가장 크고 헬륨, 아르곤 순으로 나타나며, SIMS 분석 결과 박막의 불순물은 수소를 운반기체로 사용하였을 때 가장 적은 양이 함유되어 전기 저항값이 가장 낮고, 아르곤을 운반기체로 사용하여 텅스텐을 증착시켰을 때 박막의 grain이 작고 실리콘, 불소기의 함유량이 가장 많아 비저항값이 높다.

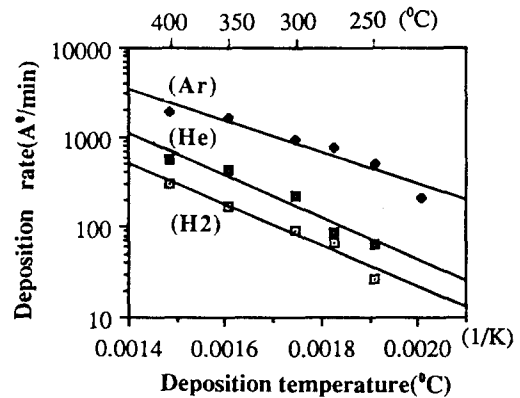


Fig.1 Deposition rate of W vs Temperature  
Ptot=0.3mbar WF6/SiH4/Ar(He,H2)

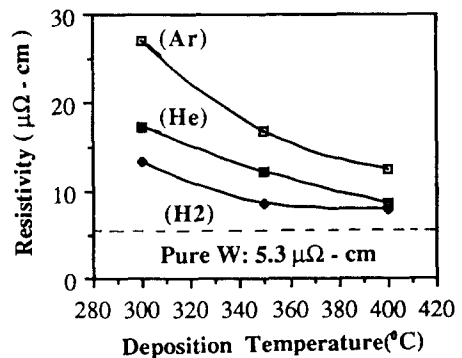


Fig.2 Resistivity of W vs Temperature  
Ptot=0.3mbar WF6/SiH4/Ar(He,H2)