

[III~11]

Cu MOCVD에서 구리 박막 성장에 미치는 기판의 영향

김경열, 황의성, 이지화

서울대학교 공업화학과, 표면 및 박막 실험실

반도체 산업의 발달과 함께 소자의 보다 빠른 동작 속도와 큰 집적도를 갖는 ULSI 구조로 나아가기에 따라 기존의 Al을 이용한 금속 배선은 RC Time Delay와 Electromigration의 문제가 있으므로 이를 해결하기 위한 방법으로 Cu MOCVD가 많이 연구되고 있다. Cu MOCVD는 여러가지 공정 변수에 따라 증착된 구리 박막의 물성의 차이를 보이는 데 본 연구에서는 기판에 따른 구리 박막 증착과 그 물성의 차이를 연구하였다.

본 실험에서 사용한 구리 전구체는 Cu(I) 화합물인 Cu(hfac)(VTMS)이고 Ar을 carrier gas로 20sccm을 흘려 반응기 내로 유입하였다. 반응기의 base Pressure는 20 mTorr이고 구리 박막 증착시의 압력은 1.6 Torr이다. 기판으로는 확산방지막으로 PVD TiN, CVD TiN, TaN, Ta₂N과 Si, SiO₂를 사용하였으며 할로젠 램프에 의한 radiation heating으로 기판의 온도를 조절하였다. 구리 박막 증착 시에 He-Ne 레이저로 반응 실시간 동안 반사율을 측정하였다. 기판에 따른 구리 박막의 물성의 차이는 1)증착 속도, 2)비저항, 3)Morphology, 4)반사율로 나누어 조사하였다.

일반적인 CVD 공정에서 기판의 온도에 따른 증착 속도의 차이는 낮은 기판 온도에서 전체 반응 속도가 기판에서의 표면 반응이 율속 단계가 되는 Surface Reaction Controlled 구간과 높은 온도에서 반응 속도가 반응물의 기판으로의 확산이 율속 단계가 되는 Mass Transfer Controlled 구간으로 나누어진다. 본 연구에서는 모든 기판에 대해 대략 기판 온도가 200℃를 경계로 하여 그 보다 높은 온도에서는 Mass Transfer Controlled 구간, 낮은 온도에서는 Surface Reaction Controlled 구간으로 나뉘어짐을 볼 수 있었다. 이 때 기판 온도가 높은 Mass Transfer Controlled 구간에서는 기판에 따른 증착속도의 차이를 볼 수 없었으나 기판 온도가 낮은 Surface Reaction Controlled 구간에서는 기판에 따른 증착속도의 차이를 볼 수 있었고 낮은 온도일수록 그 차이가 크게 나타났다. 낮은 기판 온도에서의 증착 속도의 차이는 기판의 전기 전도도와 유사한 관계를 보였는데 전기 전도도가 큰 기판일수록 구리 박막의 증착속도도 큰 양상을 보였다. 구리 박막의 비저항은 불순물의 양과 박막의 미세 구조와 관련이 있는데 본 실험에서는 불순물의 영향은 거의 무시할 수 있었고 기판 온도에 따른 박막의 미세 구조 차이에 의해 비저항 값의 변화를 볼 수 있었다. 기판 온도가 120℃ 정도의 낮은 온도에서는 작은 grain size를

갖는 박막의 형성에 의해 grain boundary에서의 전자의 산란 효과가 증대됨에 따라 비교적 높은 비저항 값(4~5 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$)을 갖는다. 기판 온도가 150°C와 200°C에서 비저항 값은 모든 기판에 대해 ~2 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 로 최소값을 보이나 250°C 이상의 높은 기판 온도에서는 구리 박막의 void 형성에 의해 다시 비저항이 증가한다. 그러나 TaN과 Ta₂N 기판의 경우 다른 기판과는 달리 250°C에서도 낮은 비저항 값을 보여주고 있다. 이러한 결과는 SEM 분석에 의한 구리 박막의 morphology 관찰 결과와 일치한다. 일반적으로 Cu MOCVD에서 구리 박막의 성장 양상은 Island Growth Mode를 따른다. 그런데 250°C 이상의 높은 기판 온도에서는 구리 원자가 충분한 mobility를 가지므로 구리가 기판에 대한 wetting이 나쁜 경우 연속적인 박막 형태보다는 큰 덩치의 구리 입자가 packing된 것과 같은 형태를 갖는다. 그러나 TaN과 Ta₂N 기판의 경우 다른 기판과는 달리 높은 기판 온도에서도 구리가 연속적인 박막 형태로 증착됨을 SEM 분석 결과로 알 수 있는 데, 이것은 TaN과 Ta₂N이 다른 기판에 비해 구리의 wetting이 좋음을 나타낸다. 구리 증착 시 실시간으로 반사율의 변화를 측정함으로써 이로 부터 기판에 따른 증착 속도의 차이와 구리 박막의 morphology를 추정할 수 있었다.