

이온선 보조증착에 의한 Ta의 미세구조가 Cu의 확산 방지 특성에 미치는 영향

The effect of microstructure of Ta on the diffusion barrier property

for Cu penetration deposited by IBAD

윤동수, 강병선, 이성만, 백홍구

연세 대학교 금속공학과, 강원 대학교 재료 공학과

1. 서론

최근 Cu는 Al 또는 Al합금보다 비저항이 적고, 전기적이동이나 응력이동에대한 저항성이 크기 때문에, 차세대 배선 재료로서 활발히 연구되고 있다. 그러나 Cu는 200°C 정도의 비교적 낮은 온도 영역에서 Si로 빠르게 확산하여 실리콘 화합물을 형성하여 Cu/Si계면의 열적안정성을 넘어 소자의 신뢰성을 크게 감소시키므로 Cu와 Si사이에 효과적인 확산방지막을 도입하여 상호 확산 및 반응을 억제하는 것이 무엇보다도 중요하다. 지금까지 많이 연구된 확산방지막중에서 순금속 Ta는 높은 용융점을 가지며, Cu와의 고용도가 없어 750°C의 높은 온도에서도 섞이지 않으며, 비교적 높은 온도에서 실리콘 화합물이 형성되므로 확산방지막으로서의 높은 가능성을 가지고 있다. 본 연구에서는 이온선 보조증착법으로 Ta 확산방지막의 미세구조를 변화시켜 확산방지막의 성능에 대한 미세구조의 영향을 관찰하고, 증가된 성능을 얻고자 하였으며 순금속 확산방지막의 파괴 기구를 알아보하고자 하였다.

2. 실험 방법

미세구조변화가 확산방지막 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Ta의 확산방지막은 두가지 방법으로 증착하였다. 첫번째 방법은 전자선 증발법에 의하여 Ta를 증착하였으며, 두번째는 전자선증발법에의하여 증착하면서 동시에 Ar이온(0~150eV, 0~0.15mA)을 조사시키면서 증착하였다. 이온선 보조증착에 의하여 Ta를 p-type Si기판위에 300Å 및 1000Å을 증착하고, 그 위에 Cu를 1000Å 증착하여 Cu/Ta/Si의 층상구조를 상온에서 제조하였다. 열적안정성을 조사하기위하여 200°C 부터 700°C까지 50°C간격으로 30분씩 진공열처리(5.5×10^{-6} torr)하였다. 시편관찰은 면저항, 광학현미경(OM), X-선 회절분광기(XRD), 투과 전자현미경(TEM), 오제이 전자 분광기(AES)를 통하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

이온선 보조증착법에 의해 증착된 Ta 확산방지막의 미세구조의 변화는 보조하여 조사되는 이온빔의 에너지와 이온 전류밀도에 민감하게 의존함을 알 수 있었다. TEM 관찰결과 전자선 증발법으로 증착한 Ta 확산방지막은 크기가 약 50 ~ 80Å의 결정립으로 구성되었고 결정립과 결정립 사이의 간격이 약 2Å미만의 밀도가 Ta결정립 보다 훨씬작은 공간이 존재함을 알 수 있었다. 그러나 이온선보조증착에 의해 증착된 Ta확산방지막에서는 이러한 공간은 발견되지 않았으며 약 100Å의 결정립 크기를 갖고 결정립구조가 치밀해진 것을 알 수 있었다. 이온선 보조증착법으로 증착한 Ta를 확산방지막으로 도입한 시편이 전자선 증발법으로 증착한것보다 50°C정도 향상된 열적 안정성을 보였다. 이는 증착시 조사되는 Ar이온에 의하여 Ta의 확산방지막이 다소 큰 결정립으로 구성되어 있고, 결정립계 간격이 작고 치밀한 구조를 하고 있어 Ta 확산방지막을 통한 Cu와 Si의 상호확산에 대한 에너지 장벽 즉 활성화 에너지가 증가하며 확산경로 또한 복잡해지기 때문인 것으로 판단된다.

4. 참고 문헌

1. K. Holloway, P. M. Fryer, C. Cabral, Jr, J. M. E. Harper, P. J. Baily, and K. H. Kelleher, J. Appl. Phys. 71(11)(1992) 5433
2. L. A. Clevenger, N. A. Bojarczuk, K. Holloway, J. M. E. Harper, C. Cabral, Jr., R. G. Schad, F. Cardone, and L. Stolt, J. Appl. Phys. 73(1)(1993) 300