

Cu와 Si사이에 도입된 Ta/Cr이중층 확산방지막의 열적안정성에 관한 연구
Study on the thermal stability of interposed Ta/Cr bilayer
diffusion barrier between Cu and Si

윤동수, 강병선, 이성만, 백홍구

연세 대학교 금속공학과, 강원 대학교 재료 공학과

1. 서론

최근 Cu는 Al 또는 Al합금보다 비저항이 적고, 전기적이동이나 응력이동에 대한 저항성이 크기 때문에, 차세대 배선 재료로서 활발히 연구되고 있다. 그러나 Cu는 Al에 비하여 비교적 낮은 온도 영역에서 Si와 대부분의 실리사이드들과 반응하여 소자의 신뢰성을 감소시키므로, Cu를 배선재료로서 사용하기 위해서는 Cu와 Si, 실리사이드 사이에 상호 확산 및 반응을 억제하기 위한 확산방지막에 대한 연구가 중요하다. 지금까지 Cu의 확산방지막으로서 순금속(Ti, W, Ta, Cr 등) 및 화합물(TiN, TiW, TaN 등) 방지막들이 많이 연구되어 왔다. 본 연구에서는 Cu/Ta/Cr/Si계와 Cu/Ta/Si계의 열적 안정성을 비교하고자 한다. Ta 및 Cr은 Cu에 대해서 반응을 하지 않으며, 섞이지 않는 내열금속들이다.

2. 실험 방법

Cu, Ta 및 Cr은 전자선 증발법에 의하여 증착되었으며, 초기진공은 1×10^{-7} torr였다. Cu/Ta/Si계에서 Ta는 300 Å의 두께로 증착하였으며, Cu/Ta/Cr/Si계에서 Ta 및 Cr의 두께는 800 Å과 200 Å으로 형성시킨 후, 그 위에 Cu를 두 계에서 모두 1000 Å으로 증착시켰다. 증착 속도는 내열금속의 경우 0.5 Å/sec였고, Cu는 1 Å/sec였다. 실리콘 기판은 표준세척을 한 후 BOE(buffered oxide etchant)를 사용하여 자연산화물을 제거하였다. 기판을 진공용기에 장입한 후 잔류 산화물을 제거하기 위하여 200eV의 아르곤 이온으로 5분동안 세척하였다. Cu/Ta/Si, Cu/Ta/Cr/Ta/Si 및 Cu/Ta/Cr/Si의 층상 구조에 대한 열적안정성을 조사하기 위하여 200°C부터 700°C까지 50°C간격으로 30분씩 진공열처리 (5.5×10^{-6} torr)하였다. 시편관찰은 면저항, 광학현미경(OM), X-선 회절 분광기(XRD), 오제이 전자 분광기(AES)를 통하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

Cu/Ta/Si 및 Cu/Ta/Cr/Ta/Si계에서는 저항의 증가 없이 600°C까지 층상구조를 그대로 유지하고 있었으나, Cu/Ta/Cr/Si계에서는 400°C에서 열처리 후 저항이 급격하게 증가하였다. 그러므로 Cu/Ta/Cr/Si계에서 확산방지막의 파괴온도는 Cu/Ta/Si, Cu/Ta/Cr/Ta/Si계에 비하여 상당히 낮아졌음을 의미한다. AES에 의해 깊이방향으로의 원소 분포를 관찰한 결과 Cu/Ta/Cr/Si계에서는 400°C 열처리 후 Cr/Si계면에서 Cr과 Si의 반응에 의해서 CrSi₂가 형성되었음을 알 수 있었으며, 많은 양의 Si이 Ta를 통해 밖으로 확산하여 Cu층내에 존재함을 확인 할 수 있었다. 400°C에서 부터 면저항의 급격한 증가는 밖으로 확산된 Si과 Cu의 반응 결과 형성된 Cu실리콘화합물임을 보여주는 것이다. Cu/Ta/Cr/Si계의 열적 안정성이 Cu/Ta/Si 및 Cu/Ta/Cr/Ta/Si계에 비하여 저하되는 이유는 비교적 저온에서 Cr과 Si의 반응에 의해서 CrSi₂ 형성시 강하게 결합하고 있는 Si-Si결합이 Cr과의 화학적 반응성에 의하여 비교적 쉽게 끊어지는데, 이때 끊어진 Si에 의하여 CrSi₂가 형성되면서 반응에 참여하지 않고 남아있던 Si이 Ta 확산방지막을 통해 빠르게 확산해 와서 Ta의 확산방지막이 비교적 저온에서 파괴되는 것으로 사료된다.

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. J.O. Olowolafe, J. Li and J.W. Mayer, J. Appl. Phys. 68(12)(1990) 6207