

구리 확산 방지막으로서 Ta, Nb막막의 특성에 관한 연구

(The characteristics of Ta, Nb as diffusion barriers against copper diffusion)

인하대학교 금속공학과 최중일, 이종무

1. 서론

집적회로의 상부배선으로 Al합금이 사용되어 왔으나 집적도가 증가함에 따라서 Al은 신뢰성의 문제로 사용이 어렵게 되었고 새로운 재료의 적용이 고려되게 되었다. 그중에서 Cu가 가장 유력한 후보로 손꼽히는데, 그것은 Cu의 전기전도도가 Al보다 낮은 뿐만 아니라 electromigration에 대한 저항력이 강하기 때문이다. 하지만 Cu배선은 Si에 대한 열적 불안정성이 가장 큰 문제이므로 Cu배선 증착전에 확산장벽을 증착하는 것이 필수적이다. Cu에 대한 확산장벽으로는 여러 물질이 거론되고 있지만 그중에서 Ta와 그 화합물의 열적안정성이 가장 뛰어나다고 보고되고 있다.¹⁾ 본실험에서는 Ta, Nb막의 확산장벽으로서의 신뢰도에 대해서 알아보고 Co/Ta, Co/Nb이중층 실리사이드에서 Ta, Nb의 화합물의 Cu의 확산에 대한 열적 안정성에 대하여 연구하였다.

2. 실험방법

(100)의 p-type Si기판과 3500Å의 두께로 성장시킨 SiO₂막위에 각각 Ta, Nb막을 e-beam evaporator를 사용하여 600Å의 두께로 성장시키고 그 위에 Cu막을 같은 방법으로 400Å 증착하였다. 준비된 시편을 진공 열처리로를 이용하여 200-600°C까지 100°C 간격으로 30분간 열처리하였다. 또 다른 시편으로는 Co/Ta, Co/Nb이중층 실리사이드를 형성하고 그위에 Cu막을 형성하였는데, 이중층 실리사이드막은 Si기판상에 Ta, Nb막을 60Å의 두께로 성장시키고 이어서 Co를 150Å 증착한후 RTA장비를 이용하여 800°C의 온도에서 열처리하여 준비하였다. 이렇게 준비된 시편에 Cu막을 130Å의 두께로 증착하고 선행된 실험과 마찬가지로 진공 열처리로를 이용하여 200-600°C에서 30분간 열처리하였다. 분석은 XRD(X-Ray Diffraction), SEM(Scanning Electron Microscopy), RBS(Rutherford backscattering Spectrometry)를 이용하였고 SEM 사진 분석을 위해서 Cu막을 무전해 도금으로 증착하기도 하였다.

3. 실험결과

Ta막의 경우 600°C 열처리 결과 Cu실리사이드가 형성됨을 알 수 있었다. 그 이전 온도에서는 Cu에 대하여 열적 안정성을 유지하였는데 이것은 Ta막이 비정질상태로 유지된 것과 상당한 관계가 있는 것으로 보인다. 이러한 Ta막에 Cu의 증착전에 열처리를 가하면 비정질막의 결정화가 일어남과 동시에 Cu에 대하여서 열적 불안정성을 나타내었다. Nb막의 경우 400°C에서 Cu실리사이드를 형성하였는데 Ta에 비하여 더 낮은 열적 신뢰성을 보여주는 것이다. Co/Ta이중층위에 Cu막을 형성한 경우는 400°C 정도에서 Cu실리사이드가 형성되었다. 이것은 Co/Nb이중층의 경우 200°C에서 Cu실리사이드가 검출되는것에 비해서 더 우수한 열적 안정성을 나타내는 것이다. 이중층 실리사이드의 경우 Co-Ta 화합물, Co-Nb 화합물이 형성되는데 이러한 Ta, Nb 화합물이 이미 보고되어 있는 내열성 물질의 질화물의 확산방지효과²⁾와 마찬가지로 어느정도의 확산 장벽으로서의 기능을 수행함을 짐작할 수 있다. 이것은 이들 화합물의 XRD피크가 커짐에 따라서 Cu실리사이드의 검출이 적어지는 것으로 확인할 수 있었다. 결론적으로 확산장벽으로서의 효능은 선택되는 물질뿐만 아니라 이들 물질의 미세구조를 조절하는 적절한 공정방법에 의해서 크게 변화되는 것으로 사료된다.

4. 참고 문헌

- 1) E. Kolawa, J. S. Chen, and M. A. Nicolet, J. Appl. Phys., **70**(3), 1369 (1991)
- 2) M. Wittner, J. Vac. Sci. Technol., **A3**, 1797 (1985)