

Copper metallization에서 확산 장벽으로 삽입된
Ta 층에 대한 연구

A Study on the Ta layer inserted as
the diffusion barrier in copper metallization

강원대학교 재료공학과 장시열, 이성만

Si-Yeoul Jang, Sung-Man Lee

Department of Materials Engineering, Kangwon National University

1. 서론

집적회로(integrated circuit) 제조공정의 마지막 단계로서 평면공정으로 형성된 각 소자들을 전기적으로 연결시켜주는 공정인 금속공정(metallization process)은 소자의 집적도가 증가함에 따라 높은 수율과 신뢰성 있는 소자 개발을 위한 관건이 되고 있다. 소자의 집적도가 1G DRAM에 이르게 되면 현재 VLSI공정에 이용되고 있는 Al 또는 Al합금은 높은 전기저항값을 가지고 있고 전기적이동(electro-migration)에 대한 저항성이 낮기 때문에 더이상 배선재료로 사용할수 없게 될 것으로 예측하고 있다. 이에 새로운 배선재료가 요구되고 있는 상황에서 낮은 전기저항값을 가지고 있고 전기적 이동에 대한 저항성이 좋은 Cu가 Al을 대체할 수 있는 우수하고 경제적인 차세대 배선재료로 주목받고 있다. 그러나, Cu는 산화에 대한 저항성이 작고 저온에서 Si나 SiO₂와 반응하여 실리콘 화합물(silicide)을 형성하는 등의 문제를 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 Cu와 Si사이에 확산장벽(diffusion barrier)을 도입하여 상호확산 및 반응을 억제하는 것이 필요하기에, 여러 물성을 비교 검토한 결과 확산장벽 재료로 순금속에서는 Ta(tantalum)이 우수한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 Cu-Si 계면에 삽입된 Ta 확산장벽의 열적 안정성을 살펴보았다.

2. 실험방법

본 연구는 Cu관련 금속공정(Cu-based metallization)시 확산장벽으로서 Ta의 응용 가능성을 알아보기 위한 것으로서 3단계 과정으로 실험을 행하였다. electron-beam evaporation 장치를 이용하여 Ta를 확산장벽으로 Si(100) 및 SiO₂기판에 500Å증착후, 그 위에 Cu를 1000Å증착하여 Cu/Ta/Si, Cu/Ta/SiO₂/Si 의 층상구조

를 상온에서 제조하였고 이를 400℃~800℃까지 50℃ 간격으로 30분간씩 고진공 열처리하여 제조된 층상구조의 열적 안정성을 조사하였다. Wafer cleaning은 10% HF를 사용하였고, 초기 진공은 5×10^{-8} torr 였으며, 열처리는 고진공에서 할로젠 램프를 이용하였다. 또한, 시편은 증착 및 열처리후 대기중으로부터 오염을 줄이기 위해서 진공상태로 유지된 desiccator에 보관하였다. 시편관찰은 면저항(sheet resistance), XRD (X-Ray Diffraction), OM (Optical Microscope), SEM (Scanning Electron Microscope) 및 AES (Auger Electron Spectroscopy)를 통하여 관찰하였다.

3. 결과

Cu/Ta/Si, Cu/Ta/SiO₂/Si 구조와 같이 Ta 확산장벽을 Cu와 Si사이에 도입한 경우, Cu와 Si사이에 반응은 이들 확산장벽층을 통한 확산에 의하여 진행되며 30분의 일정한 시간동안 열처리 할 경우 위의 반응은 500℃까지는 억제되는 것으로 나타나며 Si위에 SiO₂가 존재하는 경우, 반응상 생성은 더욱 억제되는 것으로 나타난다. 또한, silicide 등의 화합물 생성과 관련된 계면반응은 계면전체에 걸쳐 균일하게 일어나기 보다는 특정부위에서 우선적으로 진행되는 것으로 관찰되는데 이는 확산장벽의 미세구조와 매우 밀접한 관계가 있다고 사료되는바 확산장벽의 파괴기구(failure mechanism) 및 주어진 확산장벽의 효능(effectiveness)을 이해하는데 매우 중요하다고 생각된다. 따라서 확산장벽을 통해 상호물질 이동이 매우 작고 열역학적으로 안정한 효율적인 확산장벽을 설계하기 위해서는 적절한 확산장벽 재료의 선정뿐만 아니라 확산장벽의 두께 및 미세구조를 조절하므로써 실현가능한 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

1. E.Kolawa, J.S.Reid, P.J.Pokela, and M.-A.Nicolet, J. Appl. Phys. 70, 1369 (1991)
2. C.-A.Chang, J. Vac. Sci. Technol. AB, 3796 (1990)
3. Karen Holloway, Peter M. Fryer, Cyril Cabral, Jr., J.M.E Horper, P.J.Bailey, and K.H.Kelleher, J. Appl. Phys. 71, 5433 (1992)