

구리배선재료에서 산화물이 도입된 확산방지막의 특성에 관한 연구  
 Study on the microcrystalline oxide incorporated diffusion barrier for Cu metallization

운동수, 이성만, 백홍구

연세 대학교 금속공학과, 강원 대학교 재료 공학과

### 1. 서론

최근 Cu는 Al 또는 Al합금보다 비저항이 적고, 전기적 이동이나 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. Cu의 확산방지막으로서 순금속(Ti,W,Ta,Cr등) 및 화합물(TiN,TiW,TaN등)방지막등이 많이 연구되어 왔다. 많은 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. 지금까지 개발된 Cu의 확산방지막 파단기구는 열처리동안 방지막의 미세구조 결함 등을 통하여 확산방지막/Si 계면에 copper silicide( $\eta$ -Cu<sub>3</sub>Si)가 형성되어 파단이 일어나는 것으로 보고하고 있다. 따라서 확산방지막 자체의 미세구조가 확산방지막 특성에 영향을 미치기 때문에 미세구조의 조절은 확산방지막 성능을 개선시키기 위해서 매우 중요하다. 본 연구에서는 Ta에 CeO<sub>2</sub>를 첨가하여 열처리하는 동안 Cu 및 Si에 대한 확산방지특성을 관찰하고, CeO<sub>2</sub>의 도입이 Ta의 열적안정성에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. Ta의 기지에 첨가되는 CeO<sub>2</sub>는 Ta과 반응하지 않으며, 용해도 또한 매우 낮다.

### 2. 실험 방법

Cu/Ta+CeO<sub>2</sub>의 두 층은 Si(100)기판위에 R.F.Magnetron sputtering법에 의하여 증착되었다. 증착하기 전의 초기진공은  $1 \times 10^{-6}$  torr였으며, 조압압력은 5mtorr였다. Si기판은 표준세척을 한 후 질소로 건조시켰으며, 기판표면의 자연산화막을 제거하기 위하여 불산용액처리를 하였다. 증착하기전에 잔류 산화물을 제거하기 위하여 기판 세척을 D.C.-300V에서 10분 동안 행하였다. Ta+CeO<sub>2</sub>확산방지막층은 350W와 500W의 R.F.전원 공급장치에 의해서 동시에 증착되었으며, Cu층은 진공을 깨뜨리지 않고 바로 증착하였다. 확산방지막을 증착할 때 두께의 균일성을 주기 위하여 기판을 20rpm으로 회전시키면서 동시증착하였다. 열적안정성을 조사하기 위하여 500°C부터 850°C까지 50°C간격으로 30분씩 진공열처리( $5.5 \times 10^{-6}$  torr)하였다. 시편관찰은 면저항(4-point probe), X-선 회절분광기(XRD), 투과 전자현미경(TEM), X-선광전자분광기(XPS), 오제이 전자 분광기(AES)를 통하여 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Ta의 기지에 CeO<sub>2</sub>의 도입에 따른 Cu 및 Si에 대한 열적안정성의 변화를 고찰하기 위하여 CeO<sub>2</sub>의 R.F.power 및 확산방지막의 두께를 다르게 하여 진공에서 열처리를 행하였다. 확산방지막의 두께에 관계없이 800°C까지 확산방지막을 통한 구리의 indiffusion 및 실리콘의 outdiffusion을 막아 줄을 알 수 있었다. 단일 확산방지막인 Ta, 다결정질화물 방지막 그리고 합금방지막의 경우 500~750°C에서 확산방지막이 파단된다는 기존의 결과와 비교하여 볼 때, Ta+CeO<sub>2</sub>확산방지막의 Cu 및 Si에 대한 열적안정성이 상당히 우수한 것으로 판단된다. 따라서 이러한 결과들은 Ta의 결정입계에 microcrystalline oxide가 강하게 stuffing되어 있을 뿐만아니라 기지원소인 탄탈륨과 CeO<sub>2</sub>의 산소가 강하게 결합하고 있기 때문에 구리 및 실리콘의 상호확산을 고온까지 차단한 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