

Cu 미세 배선을 위한 무전해 Ni-P 확산 방지막의 Cu 확산에 따른 상변태 거동
Phase transformation by Cu diffusion of electrolessly deposited Ni-P diffusion barrier
for Cu interconnect

송준혜, 최재웅, 황길호, 한원규, 강성근
 한양대학교, 재료공학부

1. 서론

소자 사이즈의 감소에 따라 RC delay에서 배선 재료의 전기 저항이 미치는 영향이 크게 되므로 Al보다 낮은 전기 저항을 갖는 배선 재료의 적용은 RC delay를 감소시키는데 꼭 필요하다. Al보다 낮은 전기 저항을 갖는 금속 배선 후보 재료로는 Au, Ag 및 Cu 세 가지로 한정된다. 이 중에서 Cu는 Al보다 낮은 비저항값을 가지며, Al보다 높은 용점으로 인하여 높은 electromigration 저항성을 가진다. 또한 Cu는 자기 확산 계수가 후보 재료중에서 가장 낮아 향상된 안정성을 보인다. 이와 같은 재료 특성이나 실리콘 소자와의 친밀성 등을 고려할 때, Cu가 Al을 대체할 수 있는 배선 재료로 선택된다.

Active한 Al은 산소와 반응하여 표면에 치밀한 Al_2O_3 를 형성하여 Al의 부식과 SiO_2 로의 확산을 방지하는 반면, Al에 비해 noble한 Cu는 치밀하고 안정적인 산화막을 표면에 형성시키지 못하므로 SiO_2 를 통해 Si으로 확산하고 energy band gap에 영향을 미쳐 소자 특성을 저하시키게 되며 유전체와의 밀착성이 좋지 않은 단점을 가진다. 그러므로 Cu 배선의 확산을 방지하고 self passivation 특성을 지니지 못한 Cu의 산화 방지를 위한 목적으로 형성시키게 되는 확산 방지막은 중요한 기술적 요소가 된다.

전기 도금법으로 형성된 Ni 확산 방지막보다 무전해 도금에 의한 확산 방지막이 더 우수한 특성을 보이는 이유는 Ni_3P 나 Co_3P 와 같은 화합물에 의한 영향으로 설명하고 있다.

본 연구에서는 Cu 미세 배선의 확산 방지막으로 무전해 Ni-P 도금을 적용할 때, 제조 공정중 고온에 노출시 발생하는 Cu의 확산 거동 및 Ni-P 확산 방지막내에서 발생하는 상변태에 대해 보고하였으며 어떠한 원인으로 인하여 확산 방지막으로써의 특성이 저하되는지에 대해 논하였다.

2. 본론

Cu 미세 배선을 형성시키기 위한 기판은 $70 \times 70 \times 1.1$ (mm) 사이즈의 글라스를 이용하였다. DC magnetron sputter를 이용하여 글라스 표면에 밀착력 향상을 위한 박막으로 Cr layer 1000Å, 전기도금을 위한 전도성 박막으로 Cu layer 1000Å을 형성시켰다. 이 때 박막 형성은 base pressure 5×10^{-6} Torr, working pressure 7.8×10^{-3} Ar Torr에서 실시되었다. Cu 전기도금은 90g/L의 $CuSO_4 \cdot H_2O$ 와 90g/L H_2SO_4 용액에서 $20mA/cm^2$ 의 전류밀도로 이루어졌다. 무전해 Ni-P 도금은 0.1M Nickel sulfate($NiSO_4 \cdot 6H_2O$), 0.2M Sodium hypophosphite($NaH_2PO_2 \cdot H_2O$), 0.2M Sodium citrate($HOC(CO_2Na)(CH_2CO_2Na) \cdot 2H_2O$)와 2ppm의 Lead nitrate($Pb(NO_3)_2$)로 이루어진 용액에서 행하여졌다.

3. 결과

전기 도금법으로 형성시킨 Cu 미세 배선의 확산 방지막으로 무전해 Ni-P 도금을 적용하였을 때 Ni-P가 단독으로 존재할 때와는 다른 상변태 거동을 보였다. 확산 방지막으로 적용된 Ni-P는 600°C 이상의 온도에서 열처리 분위기와 무관하게 Ni-P 확산 방지막과 접하고 있는 Cu에 의해 Ni-P 확산 방지막내에 존재하는 Ni₃P가 Ni과 P로 분해되어 Cu의 확산이 계속적으로 발생하게 되었다. 이 때 분해된 Ni은 Cu와 solid solution을 이루었으며, P은 미량의 산소를 함유하고 있는 불활성 분위기에서 열처리된 경우에는 P₂O₅로 산화되었고, 환원 분위기에서 열처리된 경우에는 P 수소화물의 형성이나 원소 P는 관찰되지 않았다. 무전해 Ni-P 도금을 Cu 미세 배선의 확산 방지막으로 사용할 때에는 Cu에 의한 Ni₃P의 분해가 발생되지 않는 600°C이하에서 적용되어야 확산 방지막으로써의 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) B. Li, T. D. Sullivan, T. C. Lee, D. Badami, *Microelectron. Reliab.* 44, 365 (2004).
- 2) Stamper AK, Fushelie MB, Tian X, "Advanced wiring RC delay issues for sub-0.25-micron general CMOS" in "Proceedings of Int. Interconnect Tech. Conf. (IITC)", 62 (1998).
- 3) Murarka SP, "Low dielectric constant material for interlayer dielectric applications" in "Solid State Technol. 3, 83-90 (1996).
- 4) T. L. Alford, Y. Zeng, P. Nguyen, L. Chen and J. W. Mayer, *Microelectron. Eng.*, 55, 389 (2001).
- 5) K. Yamashita, S. Odanaka, *IEEE T. Electron Dev.*, 47, 90 (2000).
- 6) X. W. Lin, D. Parmanik, *Solid State Technol.*, 63 (1998).
- 7) J. R. Lloyd, J. J. Clement, *Thin Solid Films*, 262, 135 (1995).
- 8) D. S. Gardner, J. Onuki, K. Kudoo, Y. Misawa, Q. T. Vu, *Thin Solid Films*, 262, 104 (1995).