

Cu 배선공정에서 CVD-TiN박막의 확산방지막 특성 (Diffusion barrier properties of CVD-TiN films in Cu metallization)

정 득석, 박 기철, 송 병창, 김 기범
서울 대학교 재료공학부 금속공학과 대학원

반도체 소자의 크기가 작아짐에 따라 배선의 선폭도 $1\mu\text{m}$ 이하로 감소하게 되어 현재 사용되고 있는 Al 또는 Al 합금의 경우 전기적 이동과 응력 이동에 대한 저항성이 작아 비저항도 낮으면서 전기적 이동과 응력 이동에 대한 저항성이 큰 Cu가 차세대 반도체 소자의 배선 재료로서 각광받고 있다. 그러나 Cu의 경우 Si로의 확산속도와 SiO₂로의 표류속도가 빨라서 낮은 온도에서도 소자의 신뢰성이 떨어지게 된다. 따라서 Cu/Si 또는 Cu/SiO₂간의 확산방지막의 필요성이 요구된다.

이에 본 연구에서는 Al에 대한 확산방지막으로 사용되고 있는 TiN을 CVD법으로 Cu에 대한 확산 방지막으로서 성능을 고찰하고자 한다. 실험 시편은 (100)Si 기판 위에 TDMAT(Tetrakis Dimethyl Amido Titanium) 근원 가스를 사용하여 50Å씩 증착할 때마다 바이어스 처리를 한 두께가 230Å이고, 비저항이 $400\mu\Omega\text{-cm}$ 인 TiN 시편(sample 1)과 TiCl₄/N₂/H₂를 사용하여 PECVD법에 의하여 증착한 두께가 230Å이고 비저항이 $200\mu\Omega\text{-cm}$ 인 TiN시편(sample 2)에 DC-magnetron sputtering으로 3000Å의 Cu를 증착한 Cu/TiN/Si구조의 시편을 준비하였다. 각각의 시편에 대해 500°C, 550°C, 600°C에서 1시간동안 수소 분위기에서 열처리를 하였으며, 이를 습식식각액에 의해 Cu와 TiN을 제거하고 secco-etching을 하고 난 후 광학 현미경으로 Si의 표면을 관찰하였고, 시편의 열처리 전후에 four-point probe으로 박막의 면저항을 측정하였다.

Sample 1과 sample 2의 경우 모두 각 온도에서 열처리후에 면저항이 $0.13\Omega/\text{sq}$ 에서 $0.06\Omega/\text{sq}$ 로 감소하였는데 이는 시편의 비저항을 올리는 Cu/TiN간의 반응이나 Si의 Cu로의 확산으로 인해 반응물을 형성하지는 않은 것으로 볼 수 있으며, 비저항이 낮아진 것은 열처리에 의해서 Cu내부에서 결정립이 성장하고 결함이 줄어들어 원인으로 보여진다. Etch-pit 분석에서는 sample 1의 경우 550°C에서 X자 형태의 etch-pit을 관찰할 수 있었는데, 이는 Cu의 Si로의 확산에 의해 Si(110)면을 따라 결정결함을 형성한 것으로, 이는 550°C에서 TiN이 확산방지막의 기능을 상실한 것으로 볼 수 있다. Sample 2의 경우는 550°C에서 etch-pit이 나타나지 않았으며, 600°C에서 sample 1과 같은 결과를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 일반적으로 TiN의 경우에 있어서는 비저항이 낮을수록 고밀도의 치밀한 구조의 박막을 형성하는 것으로 생각되므로 CVD법으로 증착된 TiN의 경우에 비저항이 낮은 박막이 더 치밀한 박막구조를 형성하여 우수한 확산 방지막의 특성을 보이는 것으로 이해된다.