

**Cu 배선 공정에서 Al 중간층을 이용한 CVD-TiN
확산 방지막의 성능 향상**

**Improvement of CVD-TiN diffusion barrier performance in Cu
metallization by a thin Al interlayer between Cu and TiN**

김경호, 김기범

서울대학교 공과대학 재료공학부

1. 서론

구리는 현재 배선 재료로 널리 쓰이고 있는 알루미늄이나 그 합금보다 비저항이 작고, 전기적 이동(electromigration)에 대한 저항성이 커서 새로운 배선 재료로 각광을 받고 있다. 하지만, 구리는 낮은 비저항과 높은 용점을 제외하면, 알루미늄이 가지고 있는 다른 우수한 물성들은 가지고 있지 않다. 예를 들어, 구리는 Al_2O_3 와 같이 치밀한 보호피막이 없으며, SiO_2 에 대한 접착력이 나쁘고, 전식 식각이 어렵다. 또한, 구리는 실리콘 내에서 확산계수가 알루미늄보다 대략 10^6 배정도 크며, 실리콘 내부로 확산한 구리는 밴드 갭(band gap) 사이에 깊은 에너지 준위(deep level)를 형성하는 것으로 알려져 있다. 아울러, 구리는 SiO_2 내에서 확산계수도 큰 것으로 알려져 있는데, 이는 구리 배선 사이의 절연 특성을 감소시킬 것이다. 결국 구리의 실리콘이나 SiO_2 내에서 큰 확산계수는 소자의 신뢰성을 크게 저해할 것이다. 따라서, 구리 배선 공정에서 소자의 신뢰성을 확보하기 위해서는, 구리의 실리콘 및 SiO_2 로의 빠른 확산을 방지할 확산 방지막(diffusion barrier)의 개발이 필수적이다.

2. 실험 및 분석

8" Si(100) wafer 위에 TDMAT 단일 선구체를 이용하여 열분해 증착법으로 TiN 박막을 20nm의 두께로 증착하였다. 이 시편을 $1 \times 1 \text{ inch}^2$ 크기로 자른 다음, 그 위에 DC magnetron sputter을 이용하여 Al과 Cu를 연속적으로 각각 증착한 후, 5×10^{-6} Torr 이하의 진공 분위기에서 열처리하였다. 열처리는 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 사이의 온도 구간에서 50°C 간격으로 1시간동안 하였다. 열처리를 마친 시편은 four point probe에 의한 면저항 측정, 주사 전자 현미경(scanning electron microscopy)에 의한 식각 자국(etch-pit) 관찰, X선 회절, AES (Auger electron spectroscopy), 투과 전자 현미경(transmission electron microscopy)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

위의 여러 가지 분석을 통해, CVD-TiN위에 알루미늄과 구리를 연속적으로 증착한 시편은 구리만 증착한 시편에 비해서 구리의 확산을 효과적으로 방지하는 것을 알 수 있었다. 예를 들어, 주사 전자 현미경에 의한 식각 자국 관찰 결과, 구리만 증착한 시편은 진공 분위기에서 500°C 1시간 열처리 후에 확산 방지막의 파괴가 일어난 반면에, 알루미늄 중간층의 두께가 10nm이상 되는 시편은 같은 분위기에서 700°C 1시간 열처리 후에도 파괴가 일어나지 않았다. 이와 같은 결과는 갖 증착한 CVD-TiN 박막은 미세 구조가 치밀하지 않아 20 at%이상의 산소를 포함하고 있어 열처리 과정 중에 확산해 들어오는 알루미늄과 만나 알루미늄 산화물을 결정립계에 형성함으로써 구리의 확산을 방해한 것으로 이해할 수 있다.