

산소분위기가 Cu reflow에 미치는 영향 (Effect of Oxygen Ambient on Cu Reflow)

경기대학교 문진철, 김동원

1. 서론

Cu는 비저항이 낮고($1.67 \mu \Omega \cdot \text{cm}$), EM(electromigration) 저항이 우수하여 금속박막의 단면적이 감소하여도 소자의 동작속도 및 신뢰성을 유지할 수 있을 뿐 아니라 금속유기화합물을 이용한 CVD 공정을 적용할 수 있어서 초고집적회로의 배선재료로 유망하다. 또한 구리는 건식 식각이 어렵다고 알려져 있으며 이러한 패턴형성 문제를 해결하기 위해 패턴을 미리 만들고 구리로 패턴을 매립한 다음 여분의 구리를 chemical mechanical polishing(CMP)으로 제거하는 배선형성방법을 damascence 공정이라 한다. 하지만 배선폘 0.4 μm 이하, a/r가 2.5이상으로 패턴 크기가 작아지면 CVD공정만으로는 패턴의 complete filling이 일어나지 못하고 패턴내에 void들이 존재하게 되므로 reflow 공정이 필요하다. 구리 패턴 매립을 위한 reflow 공정은 외부에서 가해지는 열에너지에 의한 surface diffusion이나 viscous flow에 의하여 금속원자의 이동 및 재배열이 가능하게 되는데, 이러한 물리적 현상을 이용하여 패턴을 매립하는 공정이며, 공정이 간단하고 생산수율이 높은 것이 장점이다.

2. 실험방법

본 연구에서는 열처리공정이 reflow에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 먼저 MOCVD증착법으로 Cu 박막을 증착하고 진공가열로에서 열처리하였다. 또한 열처리전후에 수소가스를 흘려주어 승온중의 Cu 박막의 산화층 형성을 억제하였다. 열처리 온도, 열처리 시간, 산소가스의 유량, 박막 두께, barrier layer종류를 변환시키면서 Cu reflow 특성을 관찰하였고 열처리전후의 표면형상은 scanning electron microscope(SEM)을 이용하여 관찰하였고, Cu 박막의 비저항 측정은 liner four point probe를 이용하여 면저항을 측정하였다.

3. 결과

산소분위기에서 350~550 $^{\circ}\text{C}$ 이내의 온도에서 증착된 Cu 박막의 표면형상을 살펴보면 reflow후 표면에서 Cu 입자들의 agglomeration이 발생한 것을 알 수 있다. 이것은 reflow 공정중의 산화반응에 의해 얇은 Cu 산화물들이 박막표면에 생성되어 표면에너지차에 의해 Cu 원자의 이동이 촉진되는 abnormal grain growth가 발생했기 때문이며 이런 현상을 이용하여 실제 1Giga급 배선의 패턴(배선폘 0.2 μm , A/R 4)에 적용시켜 본 결과 패턴 내부가 Cu에 의해서 완전히 매립되는 것을 확인 할 수가 있었다. 또한 산소의 Cu 박막내의 존재 여부를 AES 분석을 통해 관찰하였으며 TiN barrier의 reflow시 열적 barrier거동에 대해 관찰하였다. 그러나 Cu 입자들의 agglomeration은 표면상의 roughness를 증가시키고 배선연결 상태가 불량해져서 전기 비저항이 급격히 증가하는 원인이 된다. 이를 위해서 Cu 박막의 두께에 따른 미세구조의 변화를 관찰하고 비저항을 측정하여 박막두께와 열처리 온도에 따른 reflow 특성을 규명하였다.