

TaN Barrier에서 Cu 박막 Reflow 특성 (Reflow Characteristics of Cu Thin Film on the TaN Barrier)

경기대학교 이정률, 박준규, 고영배, 김동원

1. 서론

집적회로 제조 공정의 한 단계로서 평면공정으로 형성된 각 소자들을 전기적으로 연결시켜 주는 공정이 필요하게 되는데, 이를 배선공정 또는 금속선 형성공정(Metallization process) 이라고 한다. Cu는 낮은 전기 비저항($1.67 \mu\Omega \cdot \text{cm}$) 값을 가지며 Al 보다 EM(electromigration), SM(stressmigration) 저항성이 우수하여 차세대 금속배선 재료로 각광받고 있다. Cu는 Al 합금과는 달리 건식 식각이 어렵다고 알려져 있으며 이러한 패턴 형성 문제를 해결하기 위하여 패턴을 미리 만들고 구리로 매립한 다음 여분의 Cu를 Chemical Mechanical Polishing(CMP)으로 제거하는 배선형성 방법을 Damascene 공정이라 한다. 금속공정에서의 reflow는 hole 또는 trench 패턴 위에 증착된 금속을 열처리하여 패턴을 매립하는 것을 의미하며, 본 연구에서는 TaN Barrier 위에 Cu를 증착하여 Cu reflow 공정에 가장 영향을 미칠 것으로 여겨지는 열처리 분위기와 다양한 변수에 따른 reflow 특성을 살펴보고 abnormal grain growth에 의한 Cu 입자들의 agglomeration 현상과 pattern에서의 complete filling 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구를 위하여 기판은 boron이 doping된 p-type Si<100> wafer를 사용하였으며, TaN은 reactive sputtering으로 450Å의 두께로 증착하였고, Cu 박막은 Metal Organic Chemical Vapor Deposition(MOCVD)을 사용하여 1500Å의 두께로 증착하였으며, Cu precursor로는 (HFAC)Cu(TMVS)를 사용하였다. Reflow 실험은 Cu 박막을 증착한 후 시편을 반응관에서 꺼내 저항가열방식의 진공가열로(furnace)내에 장입하고 실시하였으며, 가스들의 순도는 초고순도를 사용하였다. Reflow 분위기 가스는 H_2 , O_2 , $\text{H}_2\text{-O}_2\text{-H}_2$ 가스를 사용하여 각각의 박막 특성을 조사하였고, reflow 온도는 400~600°C까지의 다양한 온도 범위에서 진행하였다. 승온 속도는 8°C/min.로 하였으며, 각 열처리 온도에서 조건에 맞는 시간동안 그 온도를 유지한 다음 노랭시켰다. 승온 및 냉각시 Cu reflow 공정중 생기는 산화물의 형성을 억제하기 위해서 H_2 가스를 흘려주었다. 박막의 형상은 Scanning Electron Microscopy(SEM)를 이용하여 관찰하였고, Cu 박막의 면저항은 Linear four point probe를 이용하여 측정하였고, 박막의 성분분석은 Auger Electron Spectroscopy (AES)를 사용하였다.

3. 실험결과

차세대 1 giga급 이상의 반도체 소자에서 배선재료로 유망한 Cu 재료를 TaN Barrier 위에 MOCVD로 1500Å 두께로 증착한 후에 열처리 과정을 통하여 Cu reflow 현상의 발생을 확인할 수 있었다. TaN Barrier 위에서의 Cu reflow 특성을 각각의 reflow 변수들을 변화시키면서 실험 결과 열처리 온도가 reflow 정도에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 산소분위기 하에서 reflow 정도가 가장 강함을 알 수 있었으며, 이는 TiN Barrier에서의 Cu reflow 특성과 일치하는 결과이다. 산소분위기에서 열처리 온도의 증가에 따라 Cu 표면에서는 Cu 원자들의 abnormal grain growth에 의한 Cu 입자들의 agglomeration 현상이 발생하고 이로 인하여 비저항값의 변화를 나타내었다. 또한 AES 분석을 통하여 TaN barrier의 reflow시 열적 안정성을 관찰하였고, 이런 Cu reflow 특성들을 이용하여 실제 1 giga급 배선의 패턴에 사용하고자 한다.