

Ion Beam Induced Processes in Sputtering of Ta₂O₅/Si Interfaces.

문 대원,¹ 김경중¹, 김 상열²

1: 한국표준과학연구원 표면분석연구실, 2: 아주대학교 물리학과

Ta₂O₅/Si 박막을 5 keV O₂⁺ 이온으로 SIMS depth profiling한 결과가 먼저 두 층의 계면에 흔히 존재하는 SIMS의 artificial peak가 입사각 45°부터 보이기 시작하여 입사각이 증가할 수록 그 크기가 증가함을 볼 수 있었다. 이는 XPS 결과로 쉽게 설명될 수 있다. 입사각이 30° 이하일 때는 Si이 입사 산소이온 빔에 의하여 완전히 산화되므로 계면에 존재하는 SiO₂ 층에 의한 Si⁺ 이차 이온의 증가 현상이 보일 수가 없지만 입사각이 증가하여 입사 산소 이온빔에 의한 실리콘의 산화가 더 이상 일어나지 않으면 계면에 존재하는 SiO₂ 층에 의한 Si⁺ 이차 이온의 증가가 주효하게되어 계면에서 Si⁺ 이차이온의 피이크가 관찰된다.

또한 입사각이 증가함에 따라 Ta⁺ 이온의 tailing 현상이 증가하는 것은 ion beam mixing에 의한 현상과 같은 방향이지만은 수직입사와 입사각 15°에서의 tailing은 입사각의 cos 함수보다 너무 커서 도저히 ion beam mixing이라고 하기는 힘들다. 이러한 커다란 tailing 현상은 입사한 산소 이온빔에 의하여 표면에 생성되는 산화실리콘 층으로 부터 Ta가 segregate되기 때문이라고 생각된다. 앞의 XPS 결과에 의하면 입사각이 수직 근방인 경우는 실리콘이 완전히 산화되고 30° 근처에서는 부분적으로 산화되고 45° 이상에서는 부분적으로 산화되는 것과 일치하여 tailing 현상의 정도가 변하며 아르곤 이온에 의한 SIMS depth profiling에 의하면 수직입사의 경우에도 Ta⁺의 tailing이 산소이온에 의한 경우와 비교하여 매우 작다는 것에도 일치한다. 아르곤 이온에 의한 산화가 완전히 배제된 경우 모든 입사각에 대하여 계면의 산화 실리콘에 의한 피이크가 보여짐도 앞의 결과와 일치한다.

입사 산소 이온의 각도가 수직에서 35° 사이에서만 관찰되는 charging 현상은 현재 정확한 이유의 규명이 이루어지지 않은 상태이나 아마도 입사된 산소이온이 고체 내부에서 충돌한 후 충분히 감속되어 thermal energy 정도의 에너지로 계면에 도달하여 일으키는 계면에서의 추가적인 산화반응에 의한 것이 아닌가 추측된다. 일시적인 charging의 에너지 의존성도 비슷한 경향 즉 계면에 도

달하는 감속된 산소 이온에 의한 것이라는 제안과 일치한다. 이에 대한 자세한 결과 해석은 현재 Spectroscopic ellipsometry 등을 이용하여 진행 중에 있다.

Ta₂O₅/Si에 대한 산소빔에 의한 SIMS depth profiling결과를 Ta/Si에 대한 결과와 비교하여 보면 먼저 계면의 산화 실리콘 층에 의한 피크는 Ta₂O₅/Si의 결과와 비슷하였다. 다만 바로 계면에서 Si⁺ 및 Ta⁺의 세기가 증가하였다가 감소하는 결과, 특히 입사각 30° 근방에서 가장 뚜렷하게 보이는 현상은 계면에서 입사하는 산소이온빔에 의한 산화 반응에 의한 것이라 생각된다. 이러한 SIMS의 결과는 같은 조건에서 행한 XPS 실험 결과와 정확하게 일치한다. 계면에서 Ta가 없어지기 직전에 Ta의 산화상태가 금속에서 30%이상 산화된 상태로 변화되었다가 다시 금속상태로 바뀐 후 완전히 없어지는 것과 정확히 일치한다. Ta₂O₅/Si에서는 보여지지 않은 이 현상도 현재 정확히 이해하기는 힘든 상태이며 산소 이온빔에 의한 계면에서의 산화반응에 대하여 더 많은 이해가 요구된다.