

가스 클러스터 이온 빔에 의한 고체 표면 식각에 관한 연구
Etching of Solid Surfaces irradiated by Gas Cluster Ion Beams

송재훈, 최덕균*, 최원국

한국과학기술연구원 박막기술연구센터, *한양대학교 무기재료 공학과

150 kV급 가스 클러스터 이온 가속기를 제작하였고 석영 노즐을 통해서 단일 팽창 시켜서 중성 CO₂, N₂O 및 Ar 클러스터를 만들었다. 이때 사용한 노즐의 지름은 0.11 mm 정도이고 길이는 26 mm이었다. 사용된 기체의 공급 압력은 1-5기압까지 변화시켰으며 직경 0.5 mm의 스키머와 노즐 사이의 압력은 로터리와 부스터 펌프를 이용하여 입력 압력 5 기압시 70 mTorr까지 배기할 수 있다. 이렇게 생성된 중성 클러스터를 열전자를 이용해 이온화시킨 후 생성된 클러스터의 크기를 공급 기체의 압력과 온도에 따라 비행시간 측정법을 통하여 조사하였다. Isolated cluster ion impact를 통하여 클러스터 이온이 평탄한 고체 표면과 충돌시 1 nm 정도 높이와 수십 nm 폭을 가지는 hillock을 형성시키는 것을 원자간 척력 현미경으로 관찰하였다. 이러한 클러스터 이온 충돌에 의해 고체 표면에 hillock이 형성되는 것은 10¹⁴ s동안 온도가 10⁴ K 정도 상승하게 되어 이로 인한 용융된 충돌 부위의 elastic rebound에 의하여 표면 밖에서의 quenching 효과에 의해 형성되는 것으로 설명되어지고 있다. 수백 nm의 폭과 15 nm의 높이의 native한 hillock들이 존재하는 ITO 표면에 클러스터 이온을 조사한 경우 단원자 이온의 충돌시 보이는 sharpening 현상과는 다른 다중 충돌에 의한 sputtering 효과가 관찰되었으며, 25 kV의 가속 전압에서 5x10¹⁴ cluster ions (CI)/cm² 만큼을 ITO 표면에 조사시킨 경우에는 약 10nm 정도 식각된 표면이 매우 평탄화된 것을 관찰할 수 있었다. 또한 Cr 이 마스크로 증착된 Si₃N₄ 박막 위에 CO₂ 가스 클러스터를 5x10¹⁴ CI/cm²만큼 조사한 후 Cr을 제거한 후 Si₃N₄ 박막이 30 nm 에칭이 되고 에칭된 표면의 거칠기가 0.1 nm인 것이 관찰되었다. 또한 표면 거칠기가 0.3 nm 정도로 매우 평탄한 Si 기판 위에 클러스터 이온을 조사하면서 이온 dose에 따른 표면 형상 및 거칠기의 변화를 조사하였다. 10¹² CI/cm² 이하의 낮은 이온 dose에서는 hillock들의 형성과 그 밀도의 증가로 표면의 거칠기가 증가하는 surface embossment 현상 지배적으로 이루어졌으며, 형성된 hillock의 면적과 비조사된 곳의 면적이 같아지는 임계 ion dose에서부터는 hillock들이 sputtering되고 그 원자들의 표면확산에 따른 hillock 사이의 valley들이 채워지는 sputtering과 표면의 평탄화가 이루어지는 구간이 관찰되었고, 그 이후 더 높은 이온 dose에서는 깊이 방향으로의 식각이 진행되는 연차적인 충돌 과정을 현상학적으로 관찰하였다.