

가스 클러스터 이온빔을 이용한 표면개질

Surface Modification by Gas Cluster Ion Beam

최원국

한국과학기술연구원, 박막재료연구센터

수백-수천 개의 원자 및 분자로 이루어진 nm 크기의 거대 입자인 가스 클러스터를 이용한 이온빔 기술은, 기존의 단일 원자 또는 분자 이온빔에 비하여 다중 충돌에 의한 비선형적인 스퍼터링 현상으로 높은 스퍼터링 수율을 보이며, 큰 에너지 전달로, 국부적 충돌시 10-100 GPa 및 10^4 K 정도의 고온, 고압 상태를 형성한다 또한 낮은 e/m 비로 전하 축적 효과를 감소시킬 수 있어 저에너지 이온 주입시 문제가 되는 낮은 공간 전하에 의한 이온 전류 밀도를 극복할 수 있어서 feature size 100 nm 이하 DRAM용 shallow junction형성에 매우 효과적인 것으로 알려지고 있다 Laval nozzle을 통한 단일 팽창으로 형성된 CO₂, Ar, N₂O 가스클러스터의 크기 분포를 time-of-flight 방식으로 측정하였으며, 이를 이온화하여 표면 개질에 응용하기 위하여 150 kV급 가스 클러스터 이온 가속기를 제작하였다 HOPG 위에 cluster ion isolated impact로부터 형성된 20 nm크기의 나노 hillock을 atomic force microscopy로 측정하여 클러스터의 존재를 확인하였다 한편 깨끗한 Si(100)표면위에 ion dose양을 변화하면서 클러스터 이온의 고체 표면 충돌시 발생하는 sputtering, smoothing, etching 연속 현상을 밝혀내고, 이로부터 실험적 modeling하였다 또한 OLED 기판으로 사용되는 ITO/glass에 존재하는 hillock을 제거하기 위하여 클러스터 이온빔을 조사한 결과 13 nm의 초기 평편도를 0.9 nm로 향상시킬 수 있었다 MEMS 재료로 많이 사용되고 있는, Cr이 마스크로 증착된 Si₃N₄ 박막 위에 CO₂ 가스 클러스터를 5×10^{14} CI/cm² 만큼 조사한 후 Cr을 제거한 후 Si₃N₄ 박막이 30 nm 에칭이 되고 에칭된 표면의 거칠기가 0.1 nm인 것이 관찰되었다

Ar 클러스터를 Si 조사시 수십 nm, 수백 nm크기의 hillock 형성 및 매우 드물게는 micro size의 crater가 형성되는 것을 관측하였고, InP위에서도 1 μm 정도의 crater형성 및 그 주위에 형성된 cleavage 현상 등 nano hammer와 같은 특이한 결과를 얻을 수 있었고, GaAs 위에는 비교적 균일한 nano hillock array등을 제작할 수 있었다 또한 30 keV 가속기를 이용, B₁₀H₁₄의 클러스터 이온을 이용하여 2-15 keV 까지 Si위에 조사할 경우 2 keV, 1×10^{12} /cm²의 B농도에서 900°C 급속 열처리시 Transient Enhanced Diffusion (TED)이 전혀 보이지 않는, 5.6 nm급 ultra shallow junction을 제작할 수 있었다 μm size crater의 형성으로부터, 수 μm 크기의 aerosol cluster ion을 제작하여 새로운 고효율의 sputtering yield를 보이는 etching 방식의 개발 및 국내의 연구 현황 등을 소개하고자 한다