

저에너지 (10-100 eV) 질소 이온비임에 의해 생성된 규소 질화박막에 대한
LEED, AES, UPS 연구

김병찬¹, 강현², 정진욱³

(주) 금성 일렉트론¹

포항공과대학 화학과², 물리학과³

1. 서론

저에너지 이온비임에 의한 박막형성은 기존의 박막제조 방법에 비하여 많은 장점을 가지고 있다. 준안정한 화합물의 형성, 반응 온도의 저하 그리고 낮은 온도에서의 결정성 박막의 형성 등과 같은 특징 때문에 최근에 이온비임을 이용한 박막제조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 이온-표면 반응에 대한 미시적인 수준의 이해는 아직도 미흡하고 이온비임에 의한 박막형성 메커니즘도 제대로 규명이 되지 않았다. 본 연구에서는 TFT, MNOS-FET와 같이 미세 전자공학에서 많은 관심의 대상이 되고 있는 규소 질화박막 (silicon nitride, Si_3N_4)을 저에너지 이온비임 증착을 통하여 생성하고 LEED, AES, UPS를 이용하여 표면분석을 하였다. 기존의 열적 질화반응 (thermal nitridation) 결과와의 비교를 통해 이온-표면 반응의 특징적인 반응 양상을 연구하였다.

2. 실험

초고진공 ($\sim 10^{-9}$ torr)환경에서 Si(111)-(7x7) 표면에 10~100 eV의 운동에너지를 갖는 질소이온 (N^+ , N_2^+)을 $1 \times 10^{15} \sim 1.2 \times 10^{16}$ ions/cm² 정도 조사하여 규소 질화박막을 형성하였다. 질소이온의 종류와 운동에너지, 조사량 그리고 어닐링 온도 등과 같은 반응 매개변수를 변화시키면서 LEED, AES, UPS 분석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

20 eV의 N^+ 를 조사한 경우 초기 조사량에서 점차 LEED (7x7) 패턴이 사라지고 6×10^{15} ions/cm²의 조사량에 이르면 (1x1) 패턴 만이 나타난다. 포화 조사량 ($\sim 1.2 \times 10^{16}$)일 때는 diffuse background만을 볼 수 있다. 이것은 Si-N 화학 결합의 형성에 의해 Si 원자의 위치이동이 발생하여 재배열 구조가 파괴되는 것으로 생각할 수 있다.

이때 900°C 어닐링을 하면 초기 상태의 LEED “quadruplet” 패턴을 관찰할 수 있다. 이 패턴은 Si 표면에 결정성의 Si₃N₄ 박막이 생성된 것을 의미한다. 그러나 이전의 열적 질화반응에서 질소원자의 초기 흡착상태를 나타내는 “8×8” 패턴은 전혀 관찰할 수 없었다. 더 높은 온도 (1100°C)로 어닐링을 하면 완전한 형태의 quadruplet 패턴이 나타난다. 열적인 확산에 의해서 안정한 결정성 질화박막의 형성이 완결된다는 것을 알 수 있다. AES Si(LVV), N(KLL) 스펙트럼에 따르면 buried structure (Si-nitride-Si)의 질화박막이 생성된 것으로 생각할 수 있다. UPS He II 스펙트럼에서 관찰된 Si₃N₄의 특징적인 A-B-C peak 구조는 표면에 완전한 조성 (Si₃N₄)의 silicon nitride 박막이 형성된 것을 말해준다. 이러한 결과로부터 이온비임에 의한 Si(111) 표면의 질화반응은 NH₃와 같은 질소 화학종 기체의 열적 질화반응과는 다른 양상을 보이는 것을 알 수 있다. 초기 흡착 단계에서 기체상의 질소는 주로 Si 표면의 dangling-bond와의 반응을 통해서 표면의 최상층에 흡착되는 반면, 운동에너지를 갖고 있는 질소이온은 표면의 Si 원자와 동일 평면상 또는 sub-surface 와 같이 최상층보다는 더 깊은 곳에 자리를 잡는다. 온도가 상승하면 질소원자가 substrate의 안쪽으로 열적 확산을 하므로 sub-surface의 영역에 규소 질화물 층이 형성이 되는 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 상온에서 이온비임에 의한 질화반응을 통해서 Si-nitride-Si의 박막구조가 형성될 수 있는 가능성을 제시할 수 있었으며, 이온의 운동에너지가 반응 진행에 필요한 열에너지를 충분히 대체할 수 있음을 알 수 있었다. 이에 따른 열적 질화반응과의 반응경로의 차이도 관찰되었다. 그러나 이온비임 증착에 의한 결정성 박막의 형성을 확인하지는 못하였으며, 따라서 결정성 질화박막의 형성에 있어서는 열에너지에 의한 확산현상이 아직도 반응 완결의 중요한 요인이 된다는 것을 확인하였다.