[III~10]

질소 이온에 의한 Si(111)-7x7 표면의 초기 질화 반응의 STM 연구 : 표면 원자 구조와 반응성

하정숙, 박강호, 윤완수, 이일항, 박성주*
한국전자통신연구소 기초기술연구부
* 광주과학기술원 신소재공학과

실리콘나이트라이드 박막은 고온 세라믹에 응용될 뿐 아니라, 전자재료로써의 응용 가능성이 매우 높기 때문에 그동안 많은 연구가 진행되었다. 양질의 박막 형성을 위해서 이제까지 N_2, NH_3, NO 기체, N 원자, 플라즈마 증착, 그리고 질소 이온들이 사용되어 왔는데, 그중에서도 저에너지의 질소 이온이 질화막 형성에 높은 가능성을 갖는 것으로 최근 연구 결과 밝혀졌다. 양질의 박막 형성을 위해서는 반응의 초기 단계를 이해하고, 더 나아가서는 이를 조절하는 것이 매우 중요하다. 특히, 소자의 소형화 추세에 따라, 원자 수준에서 반응을 이해하는 것이 필요하게 되었는데, 이를 위해서는 STM이 매우 유용한 방법이 된다. 따라서, 본 연구에서는 저에너지의 질소 이온을 이용하여 Si(111)-7x7 표면에 실리콘나이트라이드 박막을 형성할 때, 초기 반응을 STM과 LEED를 이용하여 규명하고자 하였다. 질소이온의 에너지는 100 eV였으며, 모든 STM 측정은 상온에서 일정전류 방식으로 수행되었다. 질소이온을 Si(111)-7x7 표면에 반응시키고 난 후 980 °C에서 사후 열처리한 후의 LEED 패턴은 대부분의 경우 "quadruplet" 구조와 Si(111)-7x7 구조가 공존함을 보이나, 일부는 "8x8"과 Si(111)-7x7 구조가 공존하는 것을 보였다. 이 표면을 STM으로 관찰하여 보면 표면은 실리콘나이트라이드 섬들로 덮혀있으며, 나머지는 Si(111)-7x7 주기성을 유지하는 것을 알 수 있었다. 질소원자들과 결합하고 있는 Si 원자는 검게 나타났으며, 이는 "corner adatom site"에 비해 "center adatom site"에서 강한 선호도를 보였다. 그러나 "faulted adatom site"와 "unfaulted adatom site" 에서는 선호도에 차이가 없었다. 실리콘나이트라이드 섬내부는 약 10-11 Å 간격의 흰 점들이 세 방향으로 배열되어 있음을 관찰할 수 있었다. 이 때, 대칭축은 Si(111) 의 대칭축에서 약 10° 정도 벗어나 있는데, 이는 LEED 패턴의 "quadruplet" 구조와 일치한다. 이외에도 실리콘나이트라이드 섬 들 사이의 Si 표면에서는 9x9, c(4x2), 2x2 와 같은 "metastable" 구조와 7x7 phase boundary들이 쉽게 관찰되는데, 이는 980 °C에서 사후 열처리한 후 시편을 식히는 과정에서 생성된 것으로 생각된다. 상온에서 질소이온과 반응시킨 후 980 °C에서 사후 열처리 한 것과 950 °C에서 반응시킨 후 980 °C에서 사후 열처리한 결과를 비교해 보면, 고온에서 반응한 표면에 더 크고 평평한 실리콘나이트라이드 섬들이 생긴 것을 알 수 있는데, 이는 온도를 높임에 따라 Si과 N 원자들의 운동도가 증가한 사실에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 연구결과를 바탕으로, 실리콘나이트라이드 박막의 초기 형성 메커니즘을 이해해 보고자 한다.