

Numerical modeling of Si/SiO₂ etching with inductively coupled CF₄ plasma

양원균, 주정훈

군산대학교 신소재공학과, 플라즈마 소재응용 센터

많은 플라즈마 공정 중에 건식 식각은 복잡하고 표면반응이 잘 알려지지 않은 등의 이유로 가장 어려운 분야 중의 하나이다. 이러한 이유로 식각 장치 디자인뿐만 아니라 플라즈마를 이용한 건식 식각의 공정 조건은 수많은 시행착오를 통해 시도되어 왔다. 이런 문제들을 극복하기 위해 많은 연구자들에 의해서 다양한 방법과 tool을 이용해 모델링이 시도되고 있다. 본 연구에서는 CF₄ 가스를 이용한 유도결합 플라즈마에 의해 Si와 SiO₂를 식각하는 것을 상용 프로그램인 전산모사 유체역학 시뮬레이터인 CFD-ACE+를 이용하여 모델링했다. 150 mm 직경의 웨이퍼에 대한 모델은 식각 속도 실험결과와 비교 하였다. Ar의 경우 20 mTorr에서 13.56 MHz, 500 W인가 시 2.0 eV의 전자온도와 $7.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 의 전자밀도가 계산결과와 상당히 일치하게 측정되었고, CF₄를 이용한 SiO₂ 식각에서도 식각 속도가 평균 190 nm/min로 일치했고 식각 균일도는 3% 였다. 450 mm 웨이퍼 공정용 장치의 모델 계산 결과에서는 안테나와 기판의 거리, 챔버의 단면적, 기판 지지대와 배기구와의 높이 등 기하학적인 구조와 각 안테나 턴의 위치 및 전류비가 플라즈마 균일도에 많은 영향을 주었으며, 안쪽부터 4 turn이 있는 경우 2번째, 4번째 turn에만 1:4의 전류비를 인가했을 때, 수십%의 전자밀도의 불균일도를 4.7%까지 낮출 수 있었다. 또한, Si 식각에서는 식각 속도의 분포가 F radical의 분포와 같은 경향을 보임을 확인했고, SiO₂ 식각에서는 전자 밀도의 분포와 일치함을 확인함으로써 균일한 식각을 위해서 두 물질의 식각 공정에서는 다른 접근의 시도가 필요함을 확인했다. 플라즈마의 준중성 조건을 이용해서 Poisson 방정식을 풀지 않고 sheath를 해석적 모델로 처리하는 방법과, Poisson 식으로 정전기장을 푸는 방법을 통해서 입사 이온의 에너지 분포를 비교하였다. 에너지 범위는 80~120 eV로 같지만, 실험에서는 IED가 낮은 에너지 쪽이 더 높게 측정됐고, 계산 결과에서는 높은 에너지 쪽이 높았다.