

CFD-ACE+를 이용한 ICP + pulsed dc bias system의 수치 모델링 Numerical modeling of ICP with pulsed dc bias using CFD-ACE+

주정훈

*군산대학교 신소재공학과(E-mail:jhjoo@kunsan.ac.kr), 플라즈마 소재응용 센터

초 록: 고밀도 유도 결합 플라즈마와 함께 -1 kV의 높은 펄스 직류 바이어스를 이용한 플라즈마 공정 장치를 CFD-ACE+를 이용하여 시변 모델로 해석하였다. 수 kHz의 낮은 펄스 주파수와 5 μ s의 빠른 펄스 상승 시간의 효과에 의한 플라즈마 특성을 모사한 결과 전자 온도의 상승과 그에 의한 플라즈마 가열은 펄스 상승 시간 보다 수 μ s 늦게 발생하였으며 쉬스의 팽창은 Ar 10 mTorr에서 약 20 mm정도이며 계산된 전자 온도는 최고 20 eV에 이른다.

1. 서론

유도 결합 플라즈마는 높은 전자 밀도에 기인한 빠른 공정 속도(식각, 증착, 표면 처리)로 많은 응용 분야를 가지고 있다. 여기에 펄스 직류 바이어스를 이용하면 빠른 펄스 상승 시간을 이용해서 높은 에너지의 전자를 얻을 수 있고 이를 통해서 높은 전자 에너지에서만 선별적으로 일어나는 본 연구에서는 고밀도 유도 결합 플라즈마를 이용하는 시스템의 설계를 수치해석을 통하여 평가하였다.

2. 본론-수치 모델

유도 결합 플라즈마 모델은 간략한 quasi-neutrality condition을 이용한 것^[1]과 Poisson equation을 매 time step마다 푸는 CCP mode로 나눌 수 있는데 펄스 바이어스의 영향을 보려면

주파수영역이 아닌 시간 영역에서 Poisson방정식을 풀어야한다. 3 turn 안테나를 갖는 외부형 유도 결합 플라즈마 시스템과 200 mm wafer를 가정한 기관 크기의 구조에서 해석 하였다. 가스는 Ar을 10 mTorr의 공정 압력이라고 가정하였고 전자와의 충돌 단면적은 탄성 충돌과 이온화 그리고 4가지의 전자 준위 여기 과정을 고려하였다. 시간 간격은 0.1 μ s로 하였고 2 MHz의 ICP를 위하여 따로 한 주기를 40 등분하여 전자 온도, 밀도 등을 계산하였다. 전자 에너지 분포는 맥스웰 분포를 가정하였다.

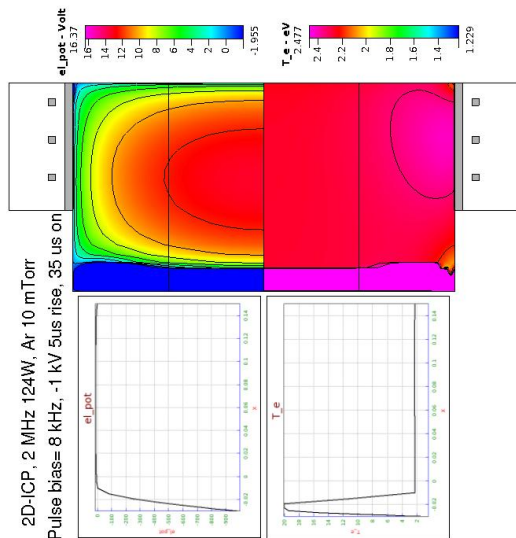


그림 2 ICP+pulsed dc bias system의 수치 해석 결과 (전위, 전자 온도, -1kV pulse 인가 시의 분포)

참고문헌

- 1. 주정훈, 한국표면공학회 춘계학술대회 논문집 2009., p268
- 2. Ankur Agarwal, Mark J. Kushner, Seminar at Varian semiconductor equipments, October 2004

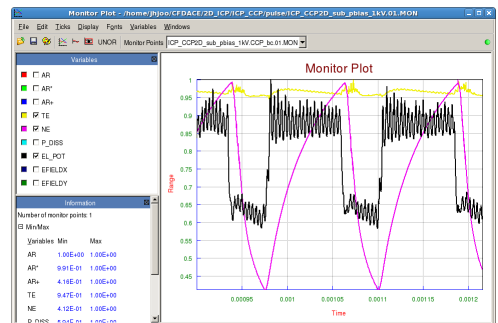


Fig. 1 ICP + pulsed dc bias system의 수치 모델 (전위와 전자온도, 밀도의 시간에 따른 변화 그래프)

3. 계산결과

펄스 전압이 0인 delay time section에서는 ICP의 특성이 그대로 나타났으며 펄스가 시작되는 시점에서 전자의 가열과 쉬스의 팽창이 시작되었고 그림 2와 같은 완전한 펄스 상태가 되면 기관 주변의 플라즈마는 펄스의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 전자 온도는 펄스의 (-)전압 증가와 함께 일어났으나 밀도는 10 μ s 이상의 시간차를 두고 나타났다. 또한 공간적인 불균일은 이 모델에서 가스의 유동을 inlet/outlet을 만들고 계산하지 않았으므로 정확하다고 볼 수 없지만 기관의 가장자리 부분이 전자 온도와 전위가 가운데 부분보다 높게 계산되었다.

4. 결론

외부 안테나 타입의 유도 결합 플라즈마 장치에 200 mm 직경의 기관을 가정하고 -1 kV의 8 kHz 펄스 직류를 인가하였을 때의 10 mTorr의 Ar 플라즈마 특성을 전산 모사하였다. 5 μ s의 펄스 상승 조건에서 전자 온도는 최대 20 eV까지 상승하였고 쉬스 폭은 20 mm까지 증가하였다.