

## 2D Fluid Modeling of Ar Plasma in a 450 mm CCP Reactor

양원균<sup>1</sup>, 김대웅<sup>2</sup>, 유신재<sup>2</sup>, 주정훈<sup>1</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 신소재공학과, <sup>2</sup>한국표준과학연구원

최근 국내 반도체 장비 업체들에 의해서 차세대 반도체용 450 mm 웨이퍼 공정용 장비 개발이 진행 중에 있다. 반도체 산업은 계속해서 반도체 칩의 크기를 작게 하고, 웨이퍼 크기를 늘리면서 웨이퍼 당 칩수를 증가시켜 생산성을 향상해오고 있다. 현재 300 mm 웨이퍼에서 450 mm 웨이퍼를 도입하게 되면, 생산성 뿐만 아니라 30%의 비용절감과 50%의 cycle-time 단축이 기대되고 있다. 장비에 대한 이해와 공정에 대한 해석 능력을 위해 비용과 시간이 많이 들기 때문에 최근 컴퓨터를 활용한 수치 모델링이 진행되고 있다. 또한, 수치 모델링은 실험 결과와의 비교가 필수적이다.

본 연구에서는 450 mm 웨이퍼 공정용 장비의 전자밀도를 cut off probe를 통해 100 mTorr에서 Ar 플라즈마를 파워에 따라 측정했다. 13.56 MHz 200 W, 500 W, 1,000 W로 입력 파워가 증가하면서 웨이퍼 중심에서  $6.0 \times 10^9 \text{ #/cm}^3$ ,  $1.35 \times 10^{10} \text{ #/cm}^3$ ,  $2.4 \times 10^{10} \text{ #/cm}^3$ 로 증가했다. 450 mm 웨이퍼 영역에서 전자 밀도의 불균일도는 각각 10.31%, 3.24%, 4.81% 였다.

또한, 이 450 mm 웨이퍼용 CCP 장비를 축대칭 2차원으로 형상화하고, 전극에 13.56 MHz를 직렬로 연결된 blocking capacitor ( $1 \times 10^{-6} \text{ F/m}^2$ )를 통해 인가할 수 있도록 상용 유체 모델 소프트웨어(CFD-ACE+, EXI corp)를 이용하여 계산하였다. 주요 전자-중성 충돌 반응으로 momentum transfer, ionization, excitation, two-step ionization을 고려했고,  $\text{Ar}^+$ 와  $\text{Ar}^*$ 의 표면 재결합 반응은 sticking coefficient를 1로 가정했다. CFD-ACE+의 CCP 모델을 통해 Poisson 방정식을 풀어서 sheath와 wave effect를 고려하였다. Stochastic heating을 고려하지 않았을 때, 플라즈마 흡수 파워가 80 W, 160 W, 240 W에서 실험 투입 전력 200 W, 500 W, 1,000 W일 때와 유사한 반경 방향의 플라즈마 밀도 분포를 보였다. 200 W, 500 W, 1,000 W일 때의 전자밀도 분포는 수치 모델링과 전 범위에서 각각 10%, 3%, 2%의 오차를 보였다. 450 mm의 전극에 13.56 MHz의 전력을 인가할 때, 파워가 증가할수록 전자밀도의 최대값의 위치가 웨이퍼 edge에서 중심으로 이동하고 있음을 실험과 모델링을 통해 확인할 수 있었다.

**Keywords:** fluid modeling, CFD-ACE+, Ar plasma, 450 mm reactor