

Inductively Coupled Plasma의 Numerical Simulation

주 정 훈

군산대학교 공과대학 재료공학과

Inductively Coupled Plasma는 간단한 구조와 함께 높은 밀도의 플라즈마를 형성시킬 수 있다는 장점이 있어서 Etching, CVD, Sputtering등 여러가지 재료 가공 공정에 사용되고 있다. 본 연구에서는 Lawrence Livermore Lab.에서 개발된 fluid code인 INDUCT95 를 이용하여 플라즈마의 거동을 여러가지 중요한 공정 변수인 가스의 압력, Source RF power, Substrate bias condition등을 변화시키면서 전자의 온도, 밀도, 공간 전위, 이온의 공간적인 분포등으로 조사하였다.

INDUCT95는 electron continuity equation을 implicit method로 self-consistant boundary condition, ion-neutral collision, energy balance equations, drift-diffusion, chemistry, Poisson equation등으로 구성되어 있으며 RF inductive field는 ORNL에서 개발된 EM solver를 사용하는데 single frequency approximation를 사용한다. 여기서는 긴 코일의 공진효과도 포함된다. 2D geometry는 rectangular or cylindrical symmetry를 모두 사용할 수 있으며 본 연구에서는 주로 cylindrical symmetry 구조를 사용하였다. 또한 코일의 capacitive coupling이 무시할 만큼 작지 않은 경우(대개의 실험실적 조건)를 위해서 lumped circuit과 transmission line model을 개발하여 사용하였다. 특히 플라즈마의 RF electric field에 대한 반응은 cold plasma dielectric tensor K 를 이용하여 single frequency response를 가정하여 사용하였다. 챔버내부의 중성 입자들의 압력은 공간적으로 균일하다고 가정하고 계산하였다. chemistry model에서도 공간적으로는 균일하고 시간적으로 변화하는 반응 모델을 이용하고 있다. 본 계산에서 이용한 Ar의 chemical reaction은 모두 7가지로 이온화,준중성 상태, 탄성 충돌,4가지의 여기 상태등이다. 이상의 특성을 갖는 code를 2개의 200MHz 64bit CPU를 갖는 Sun Ultra-2 workstation에 porting하여 계산하였다.

그림 1,2,3,4,5에는 각각 계산에 사용한 geometry, 전자 온도, 공간 전위 분포, 전자 밀도, 이온 밀도를 나타내었다. 또한 표 1에는 여기에 사용한 input parameter의 간단한 summary를 나타내었다.

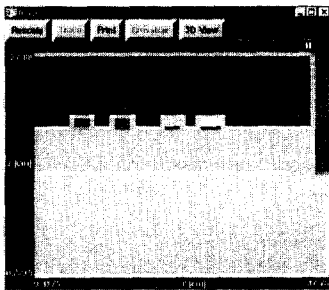


그림 1 Geometry used in calculation

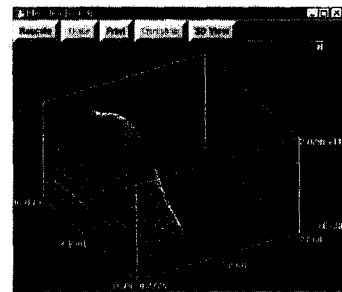


그림 2 계산된 전자밀도의 분포

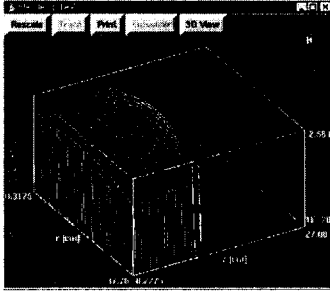


그림 3 계산된 전자 밀도의 분포

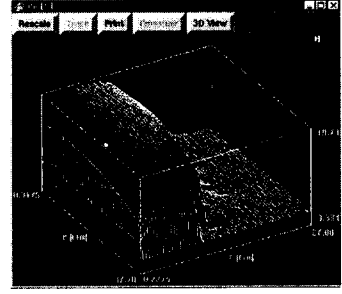


그림 4 계산된 공간 전위의 분포

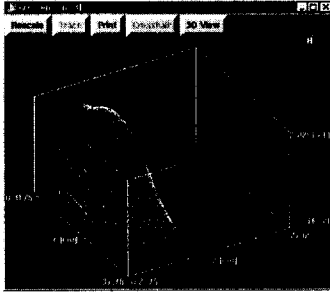


그림 5 Ar⁺의 공간적인 농도 분포

Input	Values
RF power	600W, 13.56MHz
RF coil	4 turn, circular
Gas pressure	20mTorr Ar
Chamber	$\Phi = 37\text{cm}$, $H = 27\text{cm}$
Substrate	Substrate

표 1 계산에 사용된 변수의 값

[참고문헌]

1. P.A.Vitello, R.A.Stewart, D.B.Graves, E.F.Jaeger and L.A.Berry, Code manual , Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, March 24, 1995
2. J.D.Bukowski, D.B.Graves and P.Vitello, Unpublished Report in Lawrence Livermore National Laboratory, 1995