

전극 구조에 관한 2차원 RF 플라즈마의 모델링

(Modeling of Two-dimensional Self-consistent RF Plasmas on Discharge Chamber Structures)

소순열* · 임장섭 · 김철운

(Soon-Youl So · Jang-Seob Lim · Chel-Woon Kim)

요 약

본 연구에서는 2차원적 유체 모델을 통하여 보다 실질적인 플라즈마를 이해하고자 하였으며, 기하학적인 방전 전극 구조를 반영하도록 전극단에서 챔버 외벽의 거리를 변화시키면서 플라즈마의 특성을 정량적으로 비교 분석하고자 하였다. 방전 챔버의 구조로서, 전극의 반경과 방전 챔버의 높이는 일정하게 유지하면서 방전 챔버의 넓이를 변화시킴에 따라 형성되는 플라즈마의 특성을 분석하였다. 그 결과, 전극단과 챔버 외벽의 거리가 짧을수록 그 영역에서 전계가 강하게 형성되어, 외벽을 향하는 각 입자들의 움직임도 매우 활발하다는 것을 알 수 있었다. 또한, 전극단과 외벽과의 거리가 짧을수록 전극 면상에서 형성되는 입자들의 수밀도와 유속의 변화가 일정하게 형성되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 웨이퍼의 대구경화에 따른 플라즈마의 균일성을 고려할 경우에 매우 효과적인 것으로 고려되어 진다.

Abstract

Plasma researches using parallel-plate electrodes are widely used in semiconductor application, such as etching and thin film deposition. Therefore, a quantitative understanding and control of plasma behavior are becoming increasingly necessary because their important applications and simulation techniques have been actively carried out in order to solve such problems above.

In this paper, we developed a two-dimensional(2D) self-consistent fluid model, because 2D models can deal with real reactor geometries. The fluid model is based on particle continuity equations for taking account of an electrode system in a cylindrical geometry. An pure Ar gas was used at 500[mTorr] and radio-frequency (13.56[MHz]). Four models were simulated under the different electrode geometries which have chamber widths of 5.25, 6.0, 8.0, and 10.0[cm] and we compared their results with each other. Plasma uniformity and a dc self-bias voltage were also discussed.

Key Words : fluid model, RF plasmas, 2D modelling

* 주저자 : 전남대학교 전기공학과
Tel : 061-240-7122, Fax : 061-240-7283
E-mail : janylim@mmu.ac.kr
접수일자 : 2005년 1월 25일
1차심사 : 2005년 1월 31일
심사완료 : 2005년 3월 10일

1. 서 론

평행 평판형 RF 플라즈마 연구는 에칭 프로세싱 및 박막 필름 제조 등의 반도체 산업에 광범위하게

전극 구조에 관한 2차원 RF 플라즈마의 모델링

이용되고 있다[1,2]. 따라서 정량적인 플라즈마의 이해가 이러한 응용을 위해서 중요하다고 할 수 있다. 그러나 플라즈마를 구성하는 입자들의 복잡한 상호작용 및 움직임으로 인하여, 그 플라즈마를 보다 쉽게 제어하고 이해하는 데에 많은 어려움이 존재한다 [3,4,5]. 이러한 기본적인 해석 및 분석을 행하기 위하여, 40여 년 전부터 시뮬레이션의 관점에서 이해하고자 하는 노력이 시작되었다. 일반적으로 수치 해석의 견지에서는 각 입자 하나 하나의 운동을 고려하여 계산하는 입자 모델과 입자군의 형태를 하나의 움직임으로 계산하는 유체 모델을 들 수가 있다 [6,7]. 이러한 모델링을 통하여 복잡한 플라즈마의 물리적, 화학적 반응을 이해하고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 플라즈마의 각 입자들의 움직임을 보다 실질적으로 해석하기 위해서는 2차원적인 모델의 구현으로 이루어지고 있다[8].

본 연구에서는 2차원적 유체 모델을 통하여 보다

실질적인 플라즈마를 이해하고자 한다. 또한 기하학적인 방전 전극 구조를 반영하도록 전극단에서 챔버 외벽의 거리를 변화시키면서 플라즈마의 특성을 정량적으로 비교 분석하고자 하였다. 유입된 가스는 Ar을 사용하였고, 각 입자들의 밀도의 변화와 전극 표면상의 균일성에 대해 논의하고자 한다.

2. 모델링

2.1 챔버 및 외부 회로

그림 1은 2차원으로 구성된 CCP 모델을 보여주고 있다. 전극 간격은 $Z=2.0[\text{cm}]$, 방전 여기 RF 전원 주파수는 $13.56[\text{MHz}]$, 전극간 전압을 $110[\text{V}]$ 로 균일하게 설정하였고, 가스온도는 $273[\text{K}]$ 으로 설정하였다. 또한 결합형 콘덴서 용량(C_b)은 $40[\text{pF}]$, 가스압력은 $500[\text{mTorr}]$ 로 설정하였다. 전극의 반경은

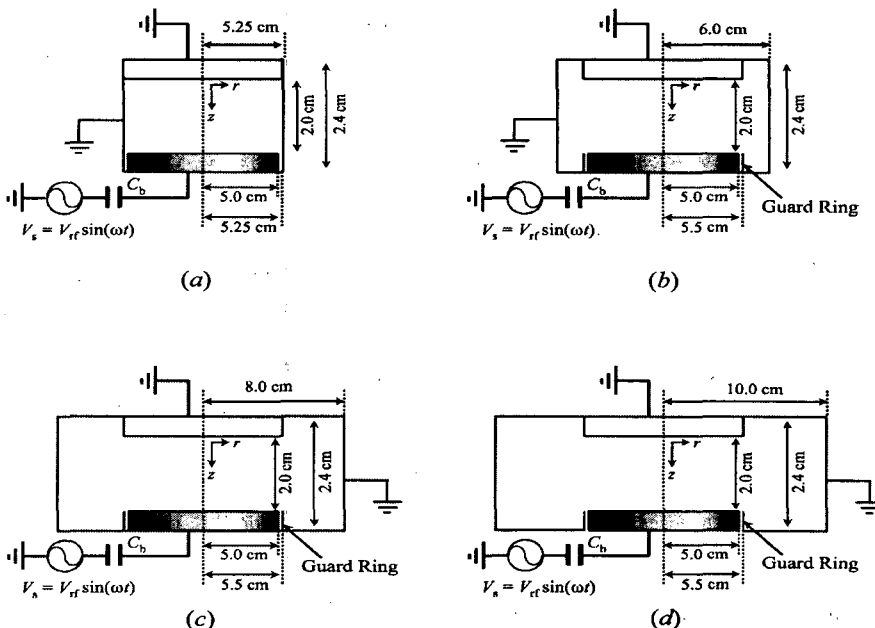


그림 1. 용량 결합형 플라즈마(CCP) 챔버의 모식도

챔버의 넓이 (a) $R_R=5.25[\text{cm}]$, (b) $R_R=6.0[\text{cm}]$, (c) $R_R=8.0[\text{cm}]$ 그리고 (d) $R_R=10.0[\text{cm}]$. 전극간 거리 $Z=2.0[\text{cm}]$, 블로킹 콘덴서 $C_b=40[\text{pF}]$, 챔버의 높이 $H_R=2.4[\text{cm}]$, 전극의 반경 $R=5.0[\text{cm}]$.

Fig. 1. Discharge chamber reactor considered in present

work at reactor widths of (a) $R_R=5.25[\text{cm}]$, (b) $R_R=6.0[\text{cm}]$, (c) $R_R=8.0[\text{cm}]$ and (d) $R_R=10.0[\text{cm}]$. The discharge gap $Z=2.0[\text{cm}]$, the blocking capacitor $C_b=40[\text{pF}]$, and the gap capacitance $C_b=5[\text{pF}]$. The inner height of the reactor $H_R=2.4[\text{cm}]$ and the electrode radius $R=5.0[\text{cm}]$.

$R=5.0[\text{cm}]$, 방전 챔버의 높이는 $H_R=2.4[\text{cm}]$, 넓이는 $R_R=5.0\sim 10.0[\text{cm}]$ 로 변화시키면서 그 특성들을 비교하였다. 각 모델은 다음과 같이 구성되어졌다.

- a) $R = 5.0[\text{cm}]$, $R_R = 5.25[\text{cm}]$
- b) $R = 5.0[\text{cm}]$, $R_R = 6.0[\text{cm}]$
- c) $R = 5.0[\text{cm}]$, $R_R = 8.0[\text{cm}]$
- d) $R = 5.0[\text{cm}]$, $R_R = 10.0[\text{cm}]$

2.2 기본 방정식

본 시뮬레이션에서는 볼츠만 방정식에서 구해지는 전송방정식을 기본으로 한 2차원 유체 모델을 이용하여 Ar 플라즈마의 계산을 행하였다. 유체 모델은 각 하전입자의 연속방정식, 전자 에너지 보존 방정식 및 포아송 방정식으로 구성되어 있다. 대전입자의 전송의 식을 아래에 표시하였다.

$$\frac{\partial N_j}{\partial t} = -\frac{\partial \Gamma_j}{\partial x} + S_j \quad (1)$$

$$\Gamma_j = N_j W_j - D_j \frac{\partial N_j}{\partial x} \quad (2)$$

여기서 j 는 전자, 정이온을 나타낸다. N_j 는 각 하전입자의 밀도, S_j 는 전자 충돌 및 화학 반응에 의한 각 입자의 발생 및 소멸 항을 나타낸다. 또한 Γ_j 는 입자속(flux), D_j 는 확산 계수, W_j 는 이동속도를 나타낸다. 전극방향으로 입사하는 전자속은 전자 열속도의 함수로 결정되어진다. 그리고 전극 면으로 향한 전자는 전부 흡수되는 것으로 가정하였다. 전극 면 에너지 및 전자 2차 방출 계수를 $0.5[\text{eV}]$, 0.01 로 설정하였다. 본 연구에서는 방전을 α 영역으로 해석하였으며, 전극면에서의 경계 조건으로 2차 전자를 고려하였다[9].

평균 전자 에너지 및 전계의 함수로 구해지는 각 파라미터를 결정하기 위해, 연속방정식에 에너지 보존식 및 포아송 방정식이 포함되어 있다.

$$\frac{\partial(\epsilon \cdot N_e)}{\partial t} + \frac{\partial q_e}{\partial x} = -\Gamma_e e E - N_e \cdot N k_L \quad (3)$$

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (4)$$

여기서 q_e 는 엔탈피 유속(e 는 전자 전하), k_L 은 에너지 손실계수를 나타낸다. V 는 전극 포텐셜, ρ 는 실전하 밀도, ϵ_0 는 진공 유전율을 나타낸다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

3.1 플라즈마의 정상상태

그림 2는 전극단과 챔버 외벽과의 거리를 $0.25[\text{cm}]$ (그림 1의 (a))로 설정한 모델에서의 시간 평균한 전자 수밀도, 전위 및 공간 전계의 분포를 나타내고 있다. 전극간에 형성되는 전자 수밀도 분포는 전극 반경 방향으로 거의 균일한 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 그러나 전극단에서부터는 급속히 밀도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 공간 전계의 분포에 볼 수 있듯이, 전극간 내의 전계는 반경 방향으로 거의 변화를 보이지 않으나 챔버의 외벽 부근에서 급격한 감소를 형성함으로써, 이에 대한 전자의 움직임도 챔버 외벽으로 유입되어 감소하는 것으로 해석된다. 따라서 전극간 내에서의 하전 입자의 움직임은 매우 적은 전계의 변화에 따라 거의 일정하지만, 공간 전계가 매우 크게 변화하는 외벽의 부근에서는 빠른 움직임으로 인하여 밀도가 급격히 감소하는 현상을 알 수 있다. 또한 이 부분은 플라즈마의 쉬스 영역과 동일한 역할을 보여주고 있음을 알 수 있다.

그림 3에서는 전극단과 챔버 외벽과의 거리를 $1.0[\text{cm}]$ (그림 1의 (b))로 설정한 모델에서의 시간 평균한 전자 수밀도, 전위 및 공간 전계의 분포를 나타내고 있다. 그림 2에 비하여, 전극단 부근의 피크치가 전극간 내의 밀도치에 비하여 점점 높아지고 있음을 볼 수 있다. 전극단 부근에서는 가드링의 영향으로 전계가 집중하게 되고, 그곳에서 전자는 에너지를 받게 되어 전자 전리 충돌 과정이 매우 활발하게 이루어진다. 이로 인하여 전자 및 이온의 수밀도는 증가하게 되는 반면, 챔버 외벽과의 거리가 멀어지면서 하전 입자가 전극단의 부근에 집중하여 체류하게 된다.

따라서 전극단의 밀도치가 다른 영역에 비하여 상대적으로 높게 형성되는 것이다. 또한 전극간 내

전극 구조에 관한 2차원 RF 플라즈마의 모델링

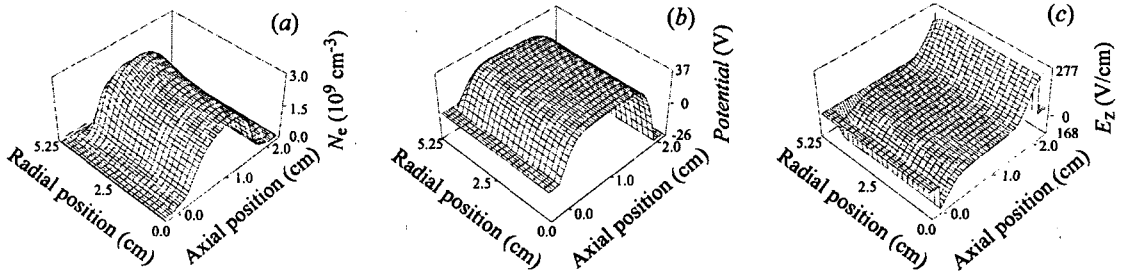


그림 2. RF 1 주기를 시간 평균한

(a) 전자 밀도 N_e , (b) 전위 V 그리고 (c) 공간 전기 분포 $E(R_R=5.25(\text{cm}))$

Fig. 2. Time-averaged spatial profiles over an RF cycle of

(a) the electron density $N_e(z, r)$, (b) the potential and (c) the electric field E for axial direction at $R_R=5.25(\text{cm})$

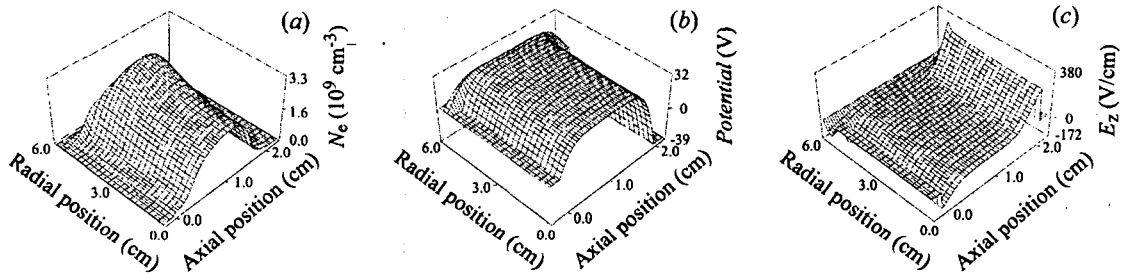


그림 3. RF 1 주기를 시간 평균한

(a) 전자 밀도 N_e , (b) 전위 V 그리고 (c) 공간 전기 분포 $E(R_R=6.0(\text{cm}))$

Fig. 3. Time-averaged spatial profiles over an RF cycle of

(a) the electron density $N_e(z, r)$, (b) the potential and (c) the electric field E for axial direction at $R_R=6.0(\text{cm})$

에 전계가 상대적으로 집중하게 되면서 그림 2보다 높은 값을 형성하게 된다(그림 3의 (c)). 전극간을 통하여 흐르는 전도 전류도 외벽으로 향하는 손실이 그림 2의 경우보다 적게 되고, 따라서 직렬 연결된 콘덴서에 축적되는 부의 전하가 증가함에 따라 직류 바이어스 전압도 증가하게 된다(그림 3의 (b)).

그림 4와 5는 전극단과 챔버 외벽과의 거리를 각각 3.0, 5.0[cm](그림 1의 (c), (d))로 설정한 모델에서의 시간 평균한 전자 수밀도, 전위 및 공간 전기의 분포를 나타내고 있다. 그림 3의 결과에 같이, 전극단과 챔버 외벽의 거리가 멀어질수록 전극간 내의 밀도와 전극단의 피크치의 비도 점점 커져가는 것을

알 수 있다. 또한, 직류 바이어스 전압도 증가되는 것을 알 수 있다.

3.2 직류 바이어스 전압의 형성

일반적으로 직류 바이어스 전압은 i) 전극 면적의 비대칭성과 ii) 방전 챔버에 직렬 연결된 콘덴서의 원인으로 해석된다. 전극의 비대칭성으로 RF 1 주기에 걸쳐 이동하는 전자 및 이온 전류가 상이하게 흐르게 되고, 이것이 직렬 연결된 콘덴서에 축적되면서 형성된다. RF 정의 반 주기에서는 전자 전류가 구동 전극 면을 통하여 콘덴서에 축적되고, 부의 반 주기에서는 이온 전류가 축적된다. 전자는 이

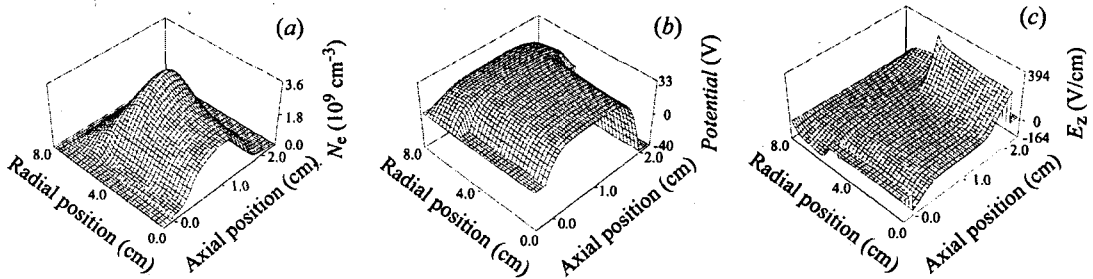


그림 4. RF 1 주기를 시간 평균한 (a) 전자 밀도 N_e , (b) 전위 V 그리고 (c) 공간 전기 분포 $E(R_R=8.0(\text{cm}))$
 Fig. 4. Time-averaged spatial profiles over an RF cycle of (a) the electron density $N_e(z, r)$, (b) the potential and (c) the electric field E for axial direction at $R_R=8.0(\text{cm})$.

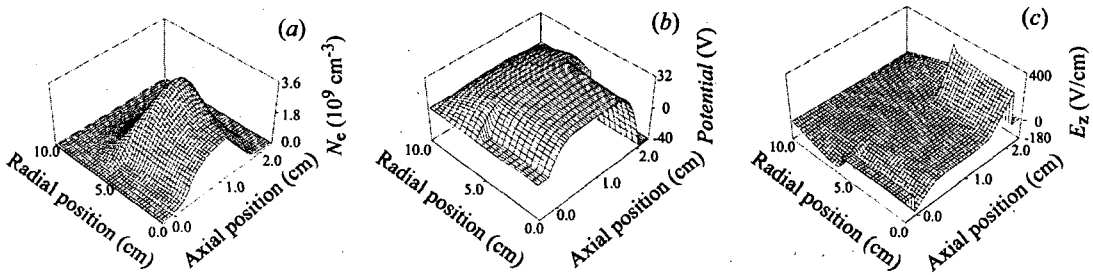


그림 5. RF 1 주기를 시간 평균한 (a) 전자 밀도 N_e , (b) 전위 V 그리고 (c) 공간 전기 분포 $E(R_R=10.0(\text{cm}))$
 Fig. 5. Time-averaged spatial profiles over an RF cycle of (a) the electron density $N_e(z, r)$, (b) the potential and (c) the electric field E for axial direction at $R_R=10.0(\text{cm})$

온보다 가볍고 빠르게 운동하는 특성을 가지고 있기 때문에 국소적으로 구동 전극 부근의 전계가 접지 전극 부근보다 높게 형성되면서 전자에 의한 전류는 이러한 전계에 의하여 가속을 받게 되어 이온에 의한 전류보다 상대적으로 많은 양이 흐르게 된다. 그러나 콘덴서는 RF 1주기에 걸쳐 정·부의 전하를 동일하게 축적하고자 하며, 따라서 극단적으로 많은 부의 전하를 구동 전극 면으로 방출하게 되면서 부의 직류 바이어스 전압을 형성하게 된다. 이러한 부의 바이어스 전압은 전자보다 상대적으로 느린 운동을 하는 이온을 가속시키게 되면서 RF 1주기의 전류가 일정하게 유지되도록 하는 역할로 작용한다.

그림 6은 방전 챔버에 콘덴서를 연결하지 않는 경

우의 시간 평균한 전자 수밀도 및 전위 분포를 나타내고 있다. 전극간의 비대칭 구조로 인하여 하전 입자의 수밀도의 피크치는 전극 중앙에 위치하지 않고 구동 전극 면으로 약간 기울어지는 현상을 볼 수 있으나, 구동 전극 면에서는 직류 바이어스 전압이 형성되지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 구동 전극 면의 전위가 전원 전압과 동일하게 형성되기 때문이다. 그러나 비대칭 구조로 인한 정·부의 전하에 의한 전류가 상이하게 흐르게 되고, 이것은 그림 7과 같이 직류 전류를 통하여 형성되는 것을 알 수 있다. 콘덴서에 의해서 전하가 축적되지 않는 반면, 전류는 직류 성분을 포함하게 되는 것을 볼 수 있다. 전원 및 방전 챔버의 안정성을 고려해 보면, 이러한 직류 성분의 전류는 위험성을 다소 포함하고 있다고 볼 수 있다.

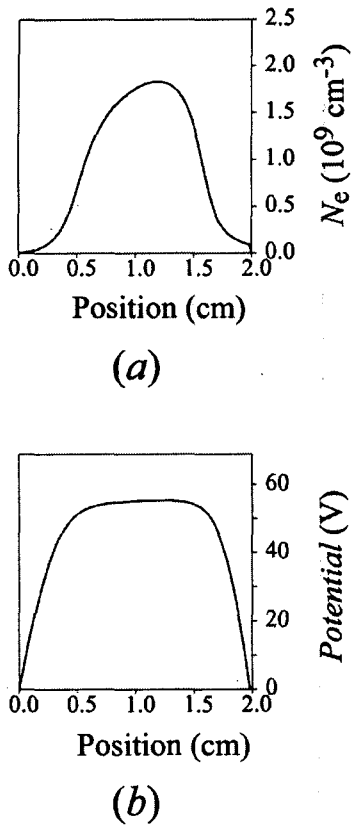


그림 6. 직렬 콘덴서가 연결되지 않는 경우의 시간 평균한 (a) 전자 수밀도 N_e , (b) 전위 분포 V
 Fig. 6. Time-averaged spatial profiles over an RF cycle of (a) the electron density $N_e(z, r)$ and (b) the potential without coupling condenser

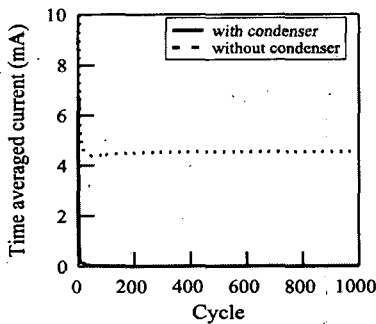


그림 7. RF 1 주기를 시간 평균한 전류 변화
 Fig. 7. Time-averaged conduction current with condenser or without condenser connected discharge chamber

3.3 기하학적 방전 구조에 관한 고찰

그림 8은 시간 평균한 구동 전극축의 쉬스영역 ($z=1.94[\text{cm}]$)에 형성된 전극 반경 방향의 이온 수밀도 분포를 보여주고 있다. 수밀도 분포는 전극단 부근에서 피크치를 형성하고 있다. 이것은 구동 전극과 가드링의 전위차가 구조적으로 크게 형성되고, 이 부분에서는 전계 집중에 의해 챔버 외벽으로 향하는 전계가 강하게 형성된다. 반경 방향으로의 전계는 전극 반경내에서는 큰 변화를 보이지 않지만, 전극단 부근에서부터 크게 변화하게 된다. 이 부근에서는 전계에 의한 전자들의 에너지가 높게 형성되고, 또한 부의 RF 사이클에서 이온이 구동 전극으로 흘러 들어가게 되므로써 수밀도의 피크치를 형성하게 된다. 전극단과 챔버 외벽의 거리가 짧아지게 되면, 전극단과 외벽의 전계가 위상의 변화에 추종하게 되기 때문에 구동 전극에 이온이 흘러 들어가 채류하는 양이 적어지게 된다.

이로 인해 전극단 부근에서 이온의 수밀도의 피크치가 낮아지게 된다. 따라서 구동 전극에서는 전극단으로부터 챔버의 외벽의 거리가 짧을수록 전극 반경 방향의 이온 수밀도는 일정하게 분포하는 것을 알 수 있다.

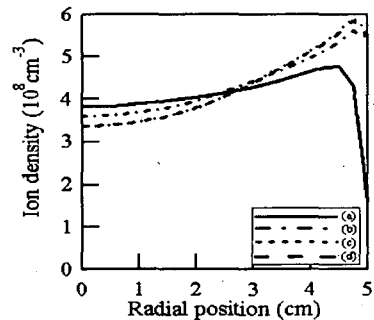


그림 8. 전극 반경 방향의 이온 밀도 분포
 Fig. 8. Time-averaged positive ion density toward radial direction
 (a), (b), (c) and (d) are the same condition as shown in figure 1

3.4 균일성의 분석

최근 플라즈마 프로세싱을 응용한 반도체 제조 공

정에서는 웨이퍼의 대구경화에 따른 균일성의 문제점이 대두되고 있다. 웨이퍼에 증착 또는 에칭되는 양이 웨이퍼의 어느 위치에서도 동일하게 형성되도록 제어할 필요성이 높아지고 있다.

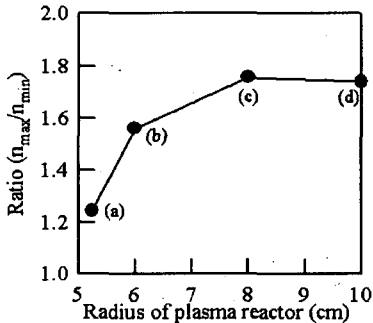


그림 9. 방전 챔버 구조의 변화에 대한 이온 밀도의 균일성

Fig. 9. Uniformity of ion density on differences of discharge chamber structures (a), (b), (c) and (d) are the same condition as shown in figure 1

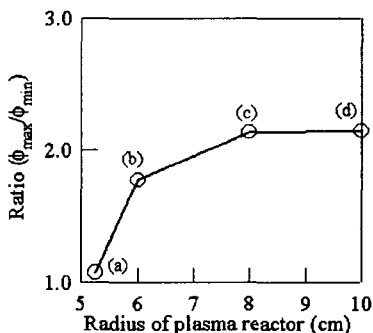


그림 10. 방전 챔버 구조의 변화에 대한 이온 유속의 균일성

Fig. 10. Uniformity of ion flux on differences of discharge chamber structures (a), (b), (c) and (d) are the same condition as shown in figure 1

그림 9에 전극 표면에서의 이온 수밀도의 최대치와 최소치의 비를 나타내었다. 이 비율이 1.0에 가까울수록 기관 전 영역으로 입자들이 균일하게 입사하는 것(균일성)을 알 수 있다. 그림 8에서와 같이 전극 단에서 챔버 외벽까지의 거리가 짧을수록 전극상의 이온 수밀도의 균일성이 향상되는 경향을 확인할 수 있다. 또한 균일성의 문제점은 각 입자의 밀도뿐만

아니라 기관에 유입되는 속도 또한 중요한 요소이기 때문에 그림 10과 같이 이온 유속의 최대치 및 최소치의 비를 조사하였다. 이 결과에서도 그림 9와 동일하게 거리가 짧을수록 균일성이 향상되는 경향을 확인할 수 있다.

4. 결 론

2차원 유체 모델을 통하여 방전 챔버 구조에 대한 Ar RF 플라즈마 특성을 시뮬레이션하였으며, 그에 따른 플라즈마의 특성들을 비교 분석함으로써, 플라즈마를 구성하는 각 입자들의 공간적인 움직임에 대하여 고찰하였다.

전극단과 챔버 외벽의 거리가 짧을수록 그 영역에서 전계가 강하게 형성되고, 외벽을 향하는 각 입자들의 움직임도 매우 활발하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 외벽을 통하여 흘러 나가는 입자들의 손실로 동일한 파워에서 양 전극 면에 형성되는 전계 및 전위가 감소하게 되며, 이로 인하여 직류 바이어스 전압도 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한, 전극단과 외벽과의 거리가 짧을수록 전극 면상에서 형성되는 입자들의 수밀도와 유속의 변화가 일정하게 형성되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 웨이퍼의 대구경화에 따른 플라즈마의 균일성을 고려할 경우에 매우 효과적인 것으로 고려되어 진다. 직류 자기 바이어스 전압의 형성은 전극의 비대칭성과 콘덴서의 작용으로 형성되는 것을 확인하였다. 또한 콘덴서가 연결되지 않는 구조에서는 직류 전류가 형성되는 것을 알 수 있었으며, 이것은 플라즈마와 방전 챔버의 구조적인 안정성을 고려하여 볼 때, 챔버 외부에 직렬 콘덴서의 연결이 필요하다고 고려되어 진다.

이러한 방전 구조에 대한 플라즈마의 고찰은 목적에 부합되는 방전 챔버를 구성하는데 보다 효과적으로 응용되어질 것으로 기대된다.

References

[1] J. P. Boeuf and L. C. Pitchford, "Two-dimensional model of a capacitively coupled rf discharge and comparisons with experiments in the Caseous Electronics Conference reference reactor", Phys. Rev. E, Vol.51 No.2, pp. 1376~1390, 1995.

[2] D. Herrebout, A. Bogaerts, M. Yan, R. Gijbels, W. Goedheer and A. Vanhulsel, "Modeling of a capacitively coupled radio-frequency methane plasma: Comparison between a one-dimensional and a two-dimensional fluid model", J. Appl. Phys., Vol.92, No.5, pp. 2290~2295, 2002.

[3] Seiji Samukawa and Tetsu Mieno, "Pulsed-time modulated plasma discharge for highly selective, highly anisotropic and charge-free etching", Plasma Sources Sci. Technol. Vol 5, pp. 132~138, 1996.

[4] 하장호, 전용우, 최상태, 신용철, 박원주, 이광식, 이동인, 도대호, "A Study on the Characteristics of the Inductive Coupled SF6 Plasma", Proceedings of 1999 KIIE Annual Conference-International Symposium of Electric Discharge and Plasma, pp. 149~152, 1999.

[5] 박원주, "A Study on the Characteristics of Radio-Frequency Induction Discharge Plasma", Journal of the Korean Institute of the Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 13, No. 3, pp. 34~39, 1999.

[6] D.P. Lymberopoulos and D.J. Economou, "Fluid simulations of glow discharge: Effect of metastable atoms in argon", J. Appl. Phys., Vol.73, No.8, pp. 3668~3679, 1993.

[7] A.A. Kulikovskiy, "A More Accurate Scharfetter Gummel Algorithm of Electron Transport for Semiconductor and Gas Discharge. Simulation", J. Com. Phys., Vol.119, pp. 149~155, 1995.

[8] F. F. Young and Chwan-hwa John, "Two Dimensional, Self Consistent, Three Moments Simulation of RF Glow Discharges", IEEE Trans. Plasma Sci., Vol.21 No.3, pp. 312~320, 1993.

[9] 임장섭, 소순열, "Modeling and Analysis of Fine Particle Behavior in Ar Plasma", Journal of the Korean Institute of the Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 18, No. 1, pp. 52~59, 2004.

◇ 저자소개 ◇

소순열 (蘇淳烈)

1970년 10월 8일생. 1996년 2월 전남대학교 전남대학교 전기공학과 졸업. 1998년 2월 동대학원 석사학위 수여. 1999년 4월 훗카이도대학교 공학연구과 전자정보공학전공 박사과정 입학. 2003년 3월 동 대학원 박사학위 취득. 현재 동 대학원 연구원.

임장섭 (林漳燮)

1967년 1월 19일생. 1989년 2월 전남대학교 전기공학과 졸업. 1991년 2월 동 대학원 석사학위 수여. 1996년 2월 동 대학원 박사학위 수여. 1996년 8월 현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 부교수.

김철운 (金鐵運)

1955년 11월 26일생. 1977년 전남대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1991년 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1997년 전남대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1992년~현재 전남과학대학 모델이벤트과 무대예술전공 교수.