

대면적 증착용 선형 초고주파 플라즈마 장치 제작 및 정전 탐침법을 이용한 Ar 플라즈마 특성 분석과 온도 특성 분석

Fabrication of Microwave PECVD with Linear Antenna for large-scale deposition processing, and Analysis of Ar plasma characteristics using Electrostatic Probe and Temperature Characteristics

한 문 기* · 서 권 상* · 김 동 현* · 이 호 준*
(Moon-Ki Han · Kwon-Sang Seo · Dong-Hyun Kim · Ho-Jun Lee)

Abstract - A 2.45GHz microwave plasma source with a linear antenna has been developed for low temperature large scale deposition processing. Microwave power is transmitted through WR340 waveguide and a copper rod, linear antenna, is located in a quartz tube. The power matching is effectively achieved by a linear antenna is located at $\lambda_g/4$ or $3\lambda_g/4$ from the end of WR340 waveguide. The Ar plasma was generated along the surface of quartz tube and a clear standing wave pattern with nearly 10cm wavelength was observed at Ar pressure of 200mTorr and 200W input power. The electron density and electron temperature were investigated by using the electrostatic probe. The electron density and electron temperature were highly measured near the surface of quartz tube. Ar plasma density along the quartz tube is mostly uniform despite standing wave set-up and antenna of long length. A uniform temperature was measured at 10~40cm distance from the end quartz tube and 5cm distance from the surface of quartz tube.

Key Words : 2.45GHz, Microwave PECVD, Linear Antenna, Electrostatic Probe, Temperature

1. 서 론

최근 플렉시블(Flexible) 및 웨어러블(Wearable) 디바이스에 관한 관심이 높아지면서 ICT 분야의 여러 기업들이 전자산업의 돌파구 및 새로운 시장을 창출하기 위한 연구에 큰 관심을 두고 있다. 이러한 플렉시블 및 웨어러블 디바이스를 구현하기 위해서는 새로운 형식의 공정 요소기술의 연구개발등이 필요하다. 플렉시블 및 웨어러블 디바이스에 적합한 산화물 반도체의 절연 막 증착이나 플라스틱 기판의 수분이나 산소의 투과를 막기 위한 보호막 증착용으로서의 신뢰성 높고 대면적의 균일한 증착이 요구되는 PECVD 장치의 중요성이 점점 두각을 나타내고 있다 [1]. PECVD와 같은 공정 플라즈마 장치는 직류인 DC, 교류인 RF, 마이크로파 등과 같은 전기장을 인가하여 플라즈마를 발생시킨다. 이중 GHz 대역의 마이크로파를 이용하면 고밀도의 플라즈마를 발생시킬 수 있고 CCP와 달리 높은 에너지 이온에 의한 기

판의 손상이 없어서 이방성 식각이 가능해지며, 전극이 없어도 플라즈마가 발생이 되므로 부식성 기체를 사용하는 공정에 유리하다는 장점이 있다[2]. Processing 관점에서 Self Bias가 없기 때문에 기판 표면의 박막에 이온에 의한 손상을 주지 않으며, Remote Plasma의 형태로 기판을 플라즈마 구역으로부터 멀리 할 수 있기 때문에 기판의 온도가 낮아서 플라스틱 기판을 사용할 수 있는 장점이 있다[3]. 이러한 마이크로웨이브를 여러 형태로 커플링 하여 사용하면 대면적의 플라즈마 여기가 가능하다. Horn-Antenna를 이용한 커플링 방법, Dielectric Window를 이용한 커플링 방법, 마이크로웨이브 파장/4 지점과 Antenna의 커플링 방법, Surface Wave를 이용한 커플링 방법을 통해 플라즈마에 파워를 전달할 수 있다[4-6]. 본 연구에서는 마이크로웨이브 파장/4 지점과 Antenna의 커플링 방법을 적용하였고, 대면적 증착이 가능하도록 선형 형태의 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD 장치를 제작하여 파워와 압력에 따른 플라즈마 공간분포 특성 및 챔버 내 온도특성을 평가하여 안정되고 플라즈마 밀도가 높은 균일한 플라즈마를 얻고자 하였다.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Korea.

E-mail: hedo@pusan.ac.kr

* Dept. of Electrical and Computer Engineering, Pusan National University, Korea

Received : January 29, 2015; Accepted : February 23, 2015

2. 장치 제작 및 실험방법

그림 1은 선형 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD 장치를

전체적인 개략도이다. 전기장 시뮬레이션을 통해 검증한대로 선형 안테나와 WR340 Waveguide를 연결하는 Plunger를 설계하고 Astex社 마이크로웨이브 1.8KW 장비를 사용하여 Circulator/Dummy Load, Directional Coupler, 3 Stub Tube, Plunger, Sliding Short Circuit 순으로 연결하였다. 전기장 시뮬레이션에서 파장의 1/4인 지점 또는 3/4지점에서 전기장이 최대치가 되므로 본 장치에서는 파장의 3/4지점에서 선형 안테나가 위치하도록 구성하였다. 챔버는 직경 500mm, 높이 150mm 원형 챔버이며, 챔버 내부에 외경 34mm, 내경 30mm, 길이 600mm Quartz Tube를 사용하였다. Quartz Tube내부에는 선형 안테나 역할을 하는 8mm Copper Rod가 있다. 선형 안테나를 통해 마이크로웨이브 파워가 전달되며 최종적으로 Quartz Tube 표면에 Ar 플라즈마가 발생되게 된다. 플라즈마 발생이 용이하게 하기 위해 Quartz Tube 측면에 Gas Shower Head를 구성하였고, 장비 동작 중에 발생하는 Quartz Tube 및 Copper Rod의 과열을 막기 위해 Air Cooling 포트를 만들어 냉각을 할 수 있도록 구성하였다. Quartz Tube에서 발생하는 플라즈마 밀도를 측정하기 위하여 Langmuir Probe를 사용하여 시간에 따라 -20V~20V의 전압이 선형적으로 변하는 삼각파를 인가하여 Langmuir Probe에 흐르는 V-I Curve를 측정하여 전자밀도, 전자온도와 같은 플라즈마 변수를 측정하였다.

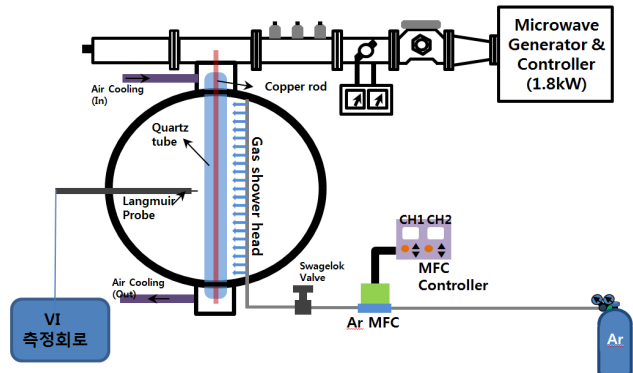


그림 1 선형 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD 장치의 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of Microwave PECVD with linear antenna

그림 2은 플라즈마 밀도의 공간분포특성을 평가하기 위해 25군데의 위치에서 전자온도 및 전자밀도 특성을 평가하였다. 파워가 들어오는 부분의 챔버 끝에서부터 6cm, 15.5cm, 25cm, 34.5cm, 44cm 위치, Quartz Tube 표면에서 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm 떨어진 위치에서 플라즈마 밀도를 평가하였다. 파워 400W로 고정하고 Ar 압력을 100mTorr, 300mTorr, 500mTorr로 압력을 변화시켜가면서 전자온도 및 전자밀도를 비교하였다. Ar 300mTorr에서 200W, 400W로 마이크로웨이브 파워를 가변해서 전자온도 및 전자밀도를 분석하였다. 그림 3은 온도 변화 평가를 위해 챔버 내부에 온도 센서를 설치한 모습이다. 고온 측정에 유리한 CA-K 온도센서를 사용하였고 자동 측정시스템을 구성하여 온도 변화 추이를 분석하였다. PECVD의 경우 Chamber

내부의 온도에 따라 증착되는 막질의 특성이 달라지거나 시스템의 변형이 올 수 있으므로 장시간 운영에 따른 시스템 신뢰성 평가를 위해 온도를 평가하였다. 온도센서를 Waveguide에 2개(#1, #10), 챔버 내벽에 3개(#2, #8, #9), Quartz Tube 아래에 5개(#3, #4, #5, #6, #7)를 설치하였다. Quartz Tube 아래에 설치한 온도센서는 Quartz Tube 끝단에서 6cm 15cm, 25cm, 35cm, 44cm 인 곳에 설치하였고 챔버 바닥면에서 각각 0.5cm, 2.5cm, 4.5cm 떨어진 위치에서 온도를 측정하였다. 12시간 시스템 연속 운영을 했을 때 온도센서의 온도 변화 추이를 분석하여 시스템 안정성을 평가하였다.

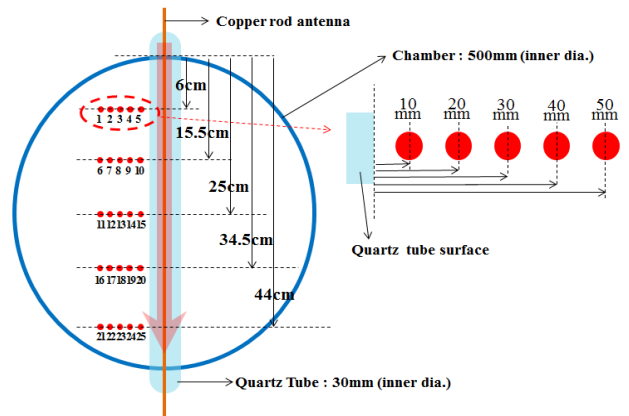


그림 2 플라즈마 밀도의 공간분포 분석을 위한 측정 위치
Fig. 2 The measurement position for spacial distribution analysis of plasma density

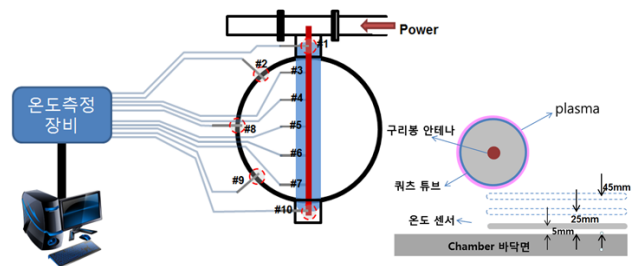


그림 3 온도 변화 평가를 위한 온도 센서 위치
Fig. 3 The temperature sensor position for evaluation of the temperature variation

3. 결과 및 고찰

3.1 마이크로웨이브 파워 커플링 전기장 시뮬레이션

선형 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD를 제작하기 전 전기장 시뮬레이션을 통해 마그네트론에서 발생하는 마이크로웨이브파가 효과적으로 챔버 내부에 전달되는지를 분석하였다. 그림 4는 선형 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD 장치를 모델링한 것이다. 장치 제작에 있어서 가장 중요한 부분이 WR340

Waveguide에서 Coaxial Type의 안테나로 파워가 효율적으로 전달되게 금 plunger를 설계하는 것이다. WR340 규격의 Waveguide내에서 TE₁₀ 모드로 Wave가 진행하며, $k = \omega \sqrt{\mu\epsilon}$ (물질에 따른 파수), $k_c = \sqrt{(m\pi/a)^2 + (n\pi/b)^2}$ (차단파수, m, n 은 모드수, a, b 는 도파관 내부직경), $\beta = \sqrt{(k^2 - k_c^2)}$ (사각도파관 전파상수) 식을 이용하면 WR340 규격의 Waveguide 내에서 2.45GHz 마이크로웨이브 파장은 17.36cm이 된다. WR340 규격의 Waveguide 길이를 17.36cm로 모델링하고 Waveguide 끝단에서 17.36/4 = 4.34cm 지점에 Coaxial Type의 Waveguide를 사용하여 파워 커플링이 이루어지도록 모델링 하였다. Coaxial Type의 Waveguide는 Copper Rod와 Quartz Tube로 구성되며, TEM 모드로 Wave가 진행하게 된다. 표 1은 Geometry 설계 치수를 나타낸다. 챔버 내부는 Ar plasma가 있는 상태로 가정하고 Conductivity는 19.9 [S/m], 비유전율은 0.0505, 비투자율은 1로 설정하였다[7-8]. 2.45GHz일 때 Quartz Tube의 비유전율은 4.5로 설정하고 시뮬레이션을 진행하였다[9].

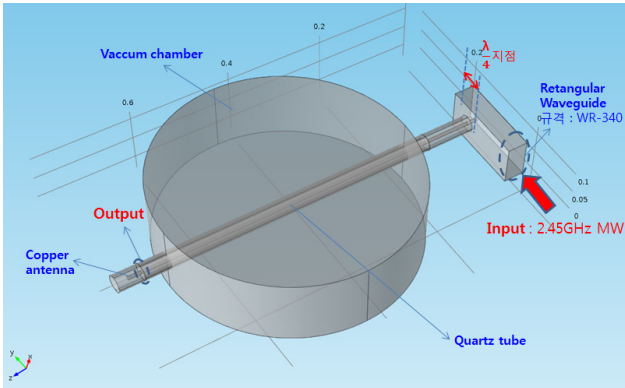


그림 4 마이크로웨이브 전기장 시뮬레이션 - modeling geometry
Fig. 4 Microwave electric simulation - modeling geometry

그림 5는 WR340 Waveguide에 TE₁₀ 모드로 1W를 인가하였을 때 WR340 Waveguide와 선형 안테나에서의 Electric field를 나타낸 것이다. 17.36cm 길이의 WR340 Waveguide에서 파장 길이만큼 Electric Field의 최대인 지점이 2군데가 나타나며, 파장

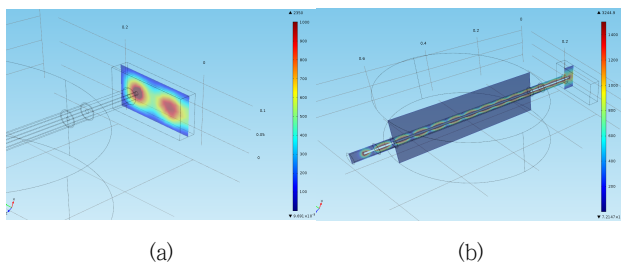


그림 5 (a) WR340 waveguide와 (b) 선형 안테나에서의 electric field 형상
Fig. 5 Electric field pattern : (a) WR340 waveguide, (b) linear antenna

길이의 1/4인 지점에서 TE₁₀ 모드로 진행되는 파장의 Electric Field가 최대가 되는 것을 확인할 수 있다. WR340 Waveguide의 Electric Field가 최대인 곳에 위치한 선형 안테나로 파워가 전달되어 Standing Wave 형태로 Electric Field가 형성되며 안테나 끝단까지 파워가 잘 전달됨을 확인할 수 있다.

3.2 임피던스 매칭에 따른 플라즈마 특성

그림 6은 Ar 300mTorr, 마이크로웨이브 파워 300W를 인가하였을 때 임피던스 매칭을 함에 따라 Quartz Tube 표면에서 Ar 플라즈마가 발생하는 모습이다. WR340 Waveguide에서 TE₁₀ 모드로 파워가 전달되고 선형 안테나를 따라 TEM 모드로 파워가 전달되게 되며 Quartz Tube 쪽으로 파워가 여기 되어 표면에서 플라즈마가 발생하게 된다. 임피던스 매칭이 되지 않을 경우 반사되는 파워가 증가하게 되어 Quartz Tube 에 발생하는 플라즈마가 국소적으로만 켜지게 된다. 이는 전달되는 파워 대비 반사되는 파워가 많으므로 상대적으로 플라즈마에 전달되는 파워가 작기 때문이다. 3 Stub Tube와 Sliding Short Circuit로 임피던스 매칭을 해서, WR340 도파관내 선형 안테나 끝 부분이 Electric Field가 최대인 지점에 놓이면, 반사되는 파워가 0으로 줄고, 챔버 내부로 파워를 최대로 전달하기 때문에 Quartz Tube 끝단까지 Plasma가 넓게 형성된다. 인가파워가 낮을 경우 Quartz Tube에서 얇은 고리형태의 띠가 일정 간격으로 나타나며, 이는 전기장 시뮬레이션에서 나타난 Electric Field의 패턴과 일치한다. 인가파워를 높일 경우 얇은 고리형태의 띠는 보이지 않으며 전체적으로 Quartz Tube 전체에 Ar 플라즈마가 균일하게 발생한다. 파워가 높아짐에 따라 표면에서 불균일하게 형성되는 고리 형태의 플라즈마가 플라즈마 밀도가 높아짐에 따라 Quartz Tube 표면 전체에 고르게 형성된다.

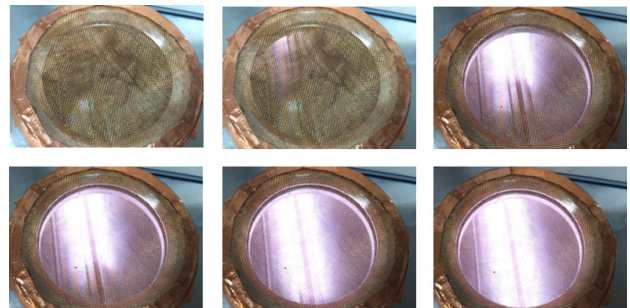


그림 6 임피던스 매칭을 했을 때 Quartz Tube 표면을 따라 발생하는 Ar plasma 의 모습
Fig. 6 The image of Ar plasma formed along the surface of quartz tube when impedance matching is conducted.

3.3 압력과 인가파워에 따른 Ar 플라즈마 전자밀도 분석

그림 7은 압력과 인가파워별로 Quartz Tube 중앙부분의 표면에서 10mm 떨어진 위치에서 측정된 전자밀도의 그래프이다. 반사전력이 0 인 상태에서 Langmuir Probe로 Quartz Tube 표면에서 발생된 Ar

플라즈마의 전자밀도를 측정하였다. 주파수가 높을수록 전자가 가속되는 에너지가 높기 때문에 전자밀도가 높다. RF 주파수보다 높은 주파수를 가진 마이크로웨이브 플라즈마에서 비교적 저 진공에도 불구하고 높은 전자밀도를 가지는 것을 확인할 수 있었다, 365W, 300mTorr의 경우 전자밀도가 $3.61 \times 10^{17} / \text{m}^3$ 정도로 높은 전자밀도가 형성됨을 확인하였다. 압력이 100mTorr 일 경우 500W 이상에서 전자밀도가 포화되는 경향을 보였다. 300mTorr, 500mTorr 와 같이 압력이 높을 경우 500W 이상에서 반사되는 전력이 많아 임피던스 매칭이 잘 되지 않았다. 이는 압력이 증가할 때 많은 중성기체들이 이온화되어 Quartz Tube 표면에서 발생하는 플라즈마의 밀도가 높으며, 전자밀도가 2.45GHz 마이크로웨이브파의 Cutoff Plasma Density 보다 높아 플라즈마 내부로 침투하지 못하고 표면에서 반사되어 들어오는 전력이 많기 때문에 임피던스 매칭이 잘 되지 않는다. 그림 3과 같이 구성된 마이크로웨이브 PECVD 장치에서는 파워가 증가함에 따라 전자 밀도가 선형적으로 증가하지는 않음을 확인하였다. 시스템 효율성 측면에서 그림 3과 같은 장치 구성에서는 Ar 가스만 사용할 경우 인가 파워를 500W 이상 높일 때 Quartz Tube 표면에서 높게 발생하는 전자 밀도 때문에 파워전달이 잘 되지 않으므로 Quartz Tube 외부로 플라즈마가 넓게 형성이 될 수 있도록 장치적 개선이 필요할 것으로 보인다.

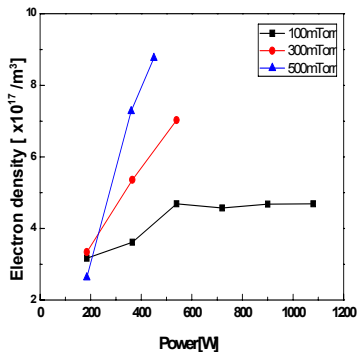


그림 7 Ar 가스 압력과 인가 파워에 따른 Ar 플라즈마의 전자밀도 (@ Quartz Tube 중앙부분)

Fig. 7 Electron density of Ar plasma according to Ar gas pressure and applied power (@ a center position of quartz tube)

3.4 Ar 가스 압력에 따른 Ar 플라즈마 공간 분포 분석

그림 8은 인가 파워를 400W로 했을 때 압력을 100mTorr, 300mTorr, 500mTorr 로 변화시켰을 때 Quartz Tube 주변의 전자 밀도와 전자온도의 공간 분포 특성을 나타내는 그림이다. X축은 파워가 인가되는 부분의 Quartz Tube 끝단에서의 거리를 나타낸다. 그래프의 선들은 Quartz Tube 표면으로부터 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm 에서의 각각의 전자밀도와 전자온도를 나타낸다. Quartz Tube 표면에서 10mm 지점에서 전자밀도와 전자온도가 높게 형성되며 Quartz Tube 표면에서 멀어질수록 Quartz Tube 위치에 따른 분포 차이가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 플라즈마

가 Quartz Tube 표면에서 높게 발생되고, 마이크로웨이브가 Quartz Tube 표면에서 거리가 멀어질수록 표면의 높게 형성된 플라즈마로 인해 투과가 잘 안되므로 전자밀도와 전자온도가 떨어지는 것으로 해석할 수 있다. 압력이 증가할수록 전자와 중성입자 간 충돌로 인해 전자밀도는 증가하고 전자의 짧은 평균 자유 행정으로 인해 전자온도가 감소하는 경향이 나타난다. Quartz Tube 표면으로부터 50mm 지점에서의 압력 간 전자밀도의 차이는 10mm 지점보다는 낮으며, 전자온도는 1eV 정도로 낮기 때문에 기판이 있을 경우 저온 공정이 충분히 가능할 것으로 판단이 된다.

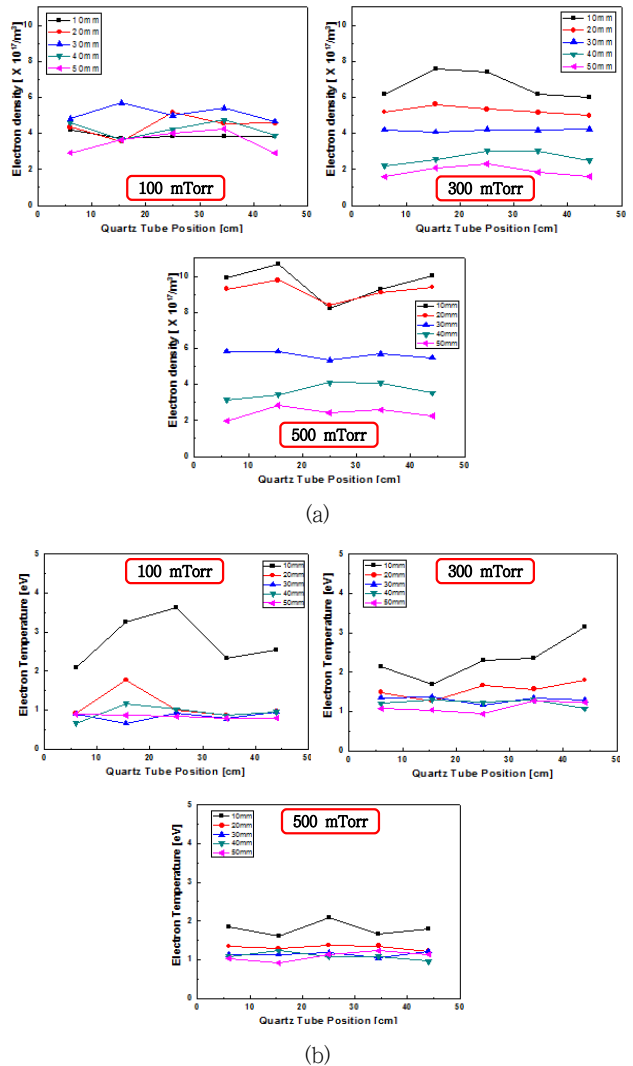


그림 8 Ar 가스 압력에 따른 전자밀도와 전자온도의 공간 분포 특성; (a) 전자밀도 (@400W), (b) 전자 온도 (@400W)

Fig. 8 Spacial distribution characteristics of electron density and electron temperature according to Ar gas pressure ; (a) electron density (@400W), (b) electron temperature (@400W)

3.5 인가파워에 따른 Ar 플라즈마 공간 분포 분석

그림 9는 Ar 압력 300mTorr에서 인가 파워를 200W, 400W로 변화시켰을 때 Quartz Tube 끝단에서부터 거리별, Quartz Tube 표면으로부터의 거리별로 전자밀도와 전자온도의 공간 분포 특성을 나타낸다. Quartz Tube 표면에 가까울수록 인가 파워가 증가할 때 전자밀도는 크게 증가하는 경향을 보인다. 이는 Quartz Tube 표면에서 전자가 에너지를 많이 얻으므로 인가 파워에 따라 전자밀도의 변화가 크고, Quartz Tube에서 멀어질수록 표면에서 높게 형성된 플라즈마로 인해 마이크로파가 쉽게 투과되지 못하므로 인가파워가 상승하더라도 전자밀도는 크게 상승하지 않는다. 전자온도는 동일압력에서 인가파워별 전자온도의 변화가 크지 않다. Quartz Tube 표면에서 멀수록 Quartz Tube 위치별 전자 밀도와 전자 온도의 분포차이가 적은 것을 확인할 수 있다. 파워가 인가되는 Quartz Tube 끝단에서 플라즈마로 파워 흡수가 되므로 선형 안테나가 길어질수록 발생하는 플라즈마의 전자밀도가 선형적으로 감소할 것으로 예상했으나 Chamber 500mm 크기 내에서는 하나의 마이크로웨이브 파워만으로도 Quartz Tube 위치별 Ar 플라즈마의 전자밀도가 대체로 균일함을 확인하였다.

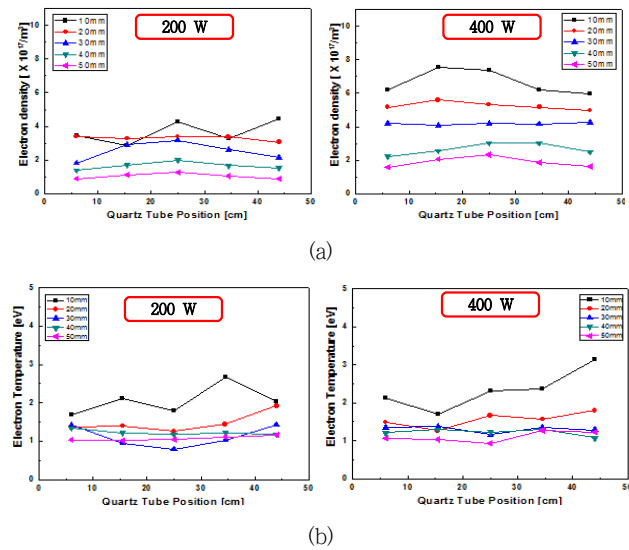


그림 9 인가 파워에 따른 전자밀도와 전자온도 공간 분포 특성; (a) 전자밀도 (@Ar 300mTorr), (b) 전자온도 (@Ar 300mTorr)

Fig. 9 Spatial distribution characteristics of electron density and electron temperature according to applied power; (a) electron density (@Ar 300mTorr), (b) electron temperature (@Ar 300mTorr)

3.6 압력과 인가파워에 따른 Chamber의 온도 특성

그림 10은 압력과 인가파워를 가변했을 때 Chamber 내 온도 변화를 분석하였다. Chamber내 온도변화를 분석함으로써 시스템을 장시간 운영 시 온도 불균일로 인한

Chamber 변형 가능성을 판단하여 시스템 안정성 및 신뢰성을 확인하고자 하였다. 플라즈마 발생시 Quartz Tube 주변의 온도변화를 분석함으로써 기관 설치 면적 결정 및 공정에 필요한 heater의 열용량 산출에도 도움이 된다. 5mm는 챔버 바닥면과 가까운 쪽이고, 45mm는 Quartz Tube 와 가까운 쪽이다. 제작한 마이크로웨이브 PECVD 장비를 6시간 연속으로 켜 후 온도가 거의 saturation 됨을 확인 하였고, Waveguide 2곳, Chamber 내벽 3곳, Quartz Tube 5곳에서 온도 변화를 분석하였다. Chamber 내벽의 온도는 40℃~60℃, 파워가 인가되는 쪽의 Waveguide 온도(#1)는 63℃~124℃, Waveguide 끝단 쪽 온도(#10)는 34℃~56℃ 이었다. 플라즈마가 Quartz Tube 표면에서 발생하므로 Quartz Tube 주변의 온도가 더 높게 나타났다. 파워가 높을수록 Quartz Tube 표면 가까이에서 플라즈마 밀도의 변화가 크므로 온도변화 역시 표면가까이에서 크다. Quartz Tube 끝단에서 5cm, 45cm인 부분의 온도가 중앙지점 25cm에 비하여 낮은 이유는 이지점의 온도센서가 챔버 벽면 가까이에 있기 때문에 플라즈마에 의해 발생된 열이 챔

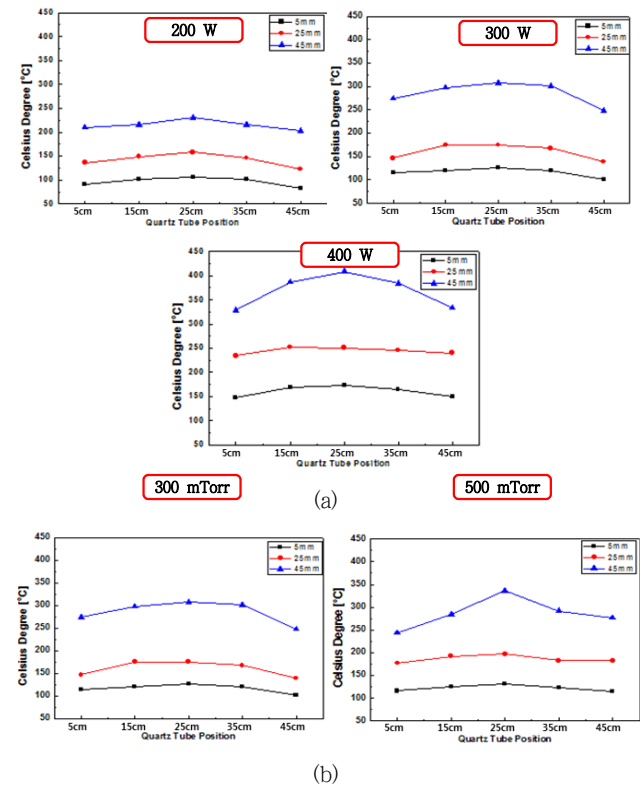


그림 10 Ar 가스 압력과 인가파워에 따른 챔버의 온도 변화 특성; (a) 인가파워 (@ Ar 300mTorr), (b) Ar 가스 압력 (@300W)

Fig. 10 Temperature variation characteristics of chamber according to Ar gas pressure and applied power; (a) applied power (@ Ar 300mTorr), (b) Ar gas pressure (@300W)

머 벽면 쪽으로 확산되어서 가장자리의 온도가 중앙에 비해 낮은 것으로 판단된다. 압력별로 변화 시켰을 때는 인가 파워를 변화했을 때보다 Quartz Tube 위치별 온도변화가 적었다. 실험조건에서 전반적으로 Quartz Tube 표면으로부터 50mm지점에서 Quartz Tube 위치 10cm~40cm 구간의 온도가 균일하였으며, 100℃~150℃ 온도 변화를 보인다.

4. 결 론

본 연구에서는 대면적 증착용 선형 안테나를 가진 마이크로웨이브 PECVD 장치를 제작하여 Ar 가스 압력과 인가 파워에 따른 플라즈마 변수를 계산하였고, 챔버 내 온도변화를 분석함으로써 시스템 안정성 및 신뢰성을 평가하였다. 전기장 시뮬레이션 결과 WR340 Waveguide 내에서 마이크로웨이브 파장의 1/4 또는 3/4 지점에서 Electric Field가 최대가 되며, 이 지점에 선형 안테나를 위치시키면 챔버 내로 Standing Wave 형태로 Electric Field가 잘 형성된다. 500W 이상 파워를 인가할 경우 Quartz Tube 표면에 전자밀도가 높게 형성되어 2.45GHz 마이크로웨이브 파워가 플라즈마로 전달되지 못하고 반사전력이 증가함을 확인하였다. 압력이 증가함에 따라 Quartz Tube 표면 가까이에서 전자밀도는 크게 증가하고 전자온도는 감소하지만, Quartz Tube 표면에서 먼 곳에서는 상대적으로 전자밀도와 전자온도의 변화가 작았다. 인가 파워가 증가함에 따라 Quartz Tube 표면 가까이에서는 전자밀도가 크게 증가한다. 전반적으로 Quartz Tube 표면에서 50mm 지점에서 전자밀도가 고르게 형성됨을 확인하였다. 챔버 500mm 크기 내에서는 마이크로웨이브 파워 1개로도 Quartz Tube를 따라 균일한 Ar 플라즈마가 생성이 됨을 확인하였다. Quartz Tube 표면에서 플라즈마가 생성되므로 Quartz Tube 주변의 온도가 Chamber 내벽에 비해 온도가 높아서 시스템 장시간 운영했을 때 무리가 없을 것으로 판단이 된다. Quartz Tube 표면에서 50mm 떨어진 위치에서 Quartz Tube 위치 100mm~400mm인 지점에서 균일한 전자밀도, 전자온도, 균일한 온도를 형성하므로 이 지점에 기판을 설계 시 균일한 막질을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 연구결과 선형 안테나를 가지는 마이크로웨이브 PECVD는 향후 대면적 증착용 PECVD 장비로서 널리 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

표 1 Geometry 설계치

Table 1 Geometry Spec.

	규격
Input	2.45GHz Microwave Power
Output	내경 30mm Quartz Tube 끝단
Antenna	직경 8mm, copper rod
Dielectric	외경 34mm 내경 30mm Quartz
Chamber	직경500mm, 높이150mm

감사의 글

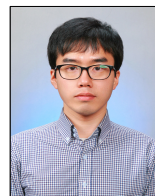
본 과제(결과물)는 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임 (No. 2013H1B8A2032267)

References

- [1] Journal of Welding and Joining, Vol.32 No.3(2014) pp34-42
- [2] Chin-Wook Chung, "Plasma Electronics", Cheongmoongak (2013)
- [3] Wolfgang Petasch, Günter peer, et al., "Microwave Plasma for Superior Substrate Pre-treatment in Chip-packaging Technologies", PVA TePla AG(2003) (<http://www.pvatepla.com>)
- [4] H. Schlemm et al. / Surface and Coatings Technology 174 - 175 (2003) 208 - 211
- [5] L. Wartski, C. Schwebel, J. Aubert, Rev. Sci. Instrum. 67 (3) (1996) 895
- [6] M. Moisan, J. Pelletier, Microwave Excited Plasmas, Plasma Technology, vol. 4, Elsevier, Amsterdam, 1992.
- [7] C. C. Motta et al., Complex Permittivity Measurement in Dielectric Waveguide Filled with Argon Plasma, SBMO/IEEE MIT-5 IMOC Proceedings
- [8] Journal of the Korean Vacuum Society Vol.17 No.5, September 2008, pp.408~418
- [9] J Krupka et al., Meas. Sci. Technol. 10 (1999) 387.392. Printed in the UK

저 자 소 개



한 문 기(Moon-Ki Han)

1981년 3월 27일생. 2007년 부산대 공대 전자전기정보컴퓨터공학부 졸업. 2009년 동 대학원 전자전기공학과 졸업(석사). 현재 부산대 플라즈마 연구센터 박사과정으로 재학중
 Tel : 051-510-2746
 Fax : 051-510-1498
 E-mail : skyskuld@naver.com



서 권 상(Kwon-Sang Seo)

1986년 7월 15일생. 2012년 부산대 전자전기공학부 졸업. 2014년 동 대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 부산대 플라즈마 연구센터 박사과정으로 재학중

Tel : 051-510-2746

Fax : 051-510-1498

E-mail : acmilan47@naver.com



김 동 현(Dong-Hyun Kim)

1961년 1월 9일생. 1984년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 부산대 플라즈마 연구센터 연구원

Tel : 051-510-1544

Fax : 051-510-1498

E-mail : dhkim11@pusan.ac.kr



이 호 준(Ho-Jun Lee)

1966년 10월 14일생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학). 현재 부산대 공대 전자전기컴퓨터공학과 정교수

Tel : 051-510-2301

Fax : 051-513-0212

E-mail : hedo@pusan.ac.kr