

Helical Resonator 배열을 통한 대면적 고밀도 Plasma Source

손민영, 김진우, 박세근, 오범환
인하대학교 반도체 및 박막기술 연구소
전화:(032)860-7768 / 팩스:(032)875-5882

Preparation of Large Area Plasma Source by Helical Resonator Arrays

M.Y.Sohn, C.W.Kim, S.G.Park, B.H.O
Inha University
g1991217@inhavision.inha.ac.kr

Abstract

Four helical resonators are distributed in a 2×2 array by modifying upper part of the conventional reactive ion etching(RIE) type LCD etcher in order to prepare a large area plasma source. Since the resonance condition of the RF signal to the helical antenna, one RF power supply is used for delivering the power efficiently to all four helical resonators without an impedance matching network. Previous work of 2×2 array inductively coupled plasma(ICP) requires one matching circuit to each ICP antenna for more efficient power deliverly. Distributions of ion density and electron temperature are measured in terms of chamber pressure, gas flow rate and RF power. By adjusting the power distribution among the four helical resonator units, argon plasma density of higher than $10^{17}/m^3$ with the uniformity of better than 7% can be obtained in the $620 \times 620mm^2$ chamber.

서론

반도체 제조용 기판 및 평판표시기용 기판의 크기가 증가함에 따라 대면적 플라즈마 소스의 개발이 중요해

지고 이에 대한 연구가 계속되고 있다^[1]. 집적회로(VLSI)의 제작에서는 sub-micron이하의 극미세 구조 공정에 대한 issue가 중요시되고 있으나, 대면적의 평판표시기 기판 공정에서는 전체적으로 균일한 공정이 더욱 주요한 issue가 되고 있다.

지금까지는 용량결합형(CCP) 형태의 반응성 이온 식각장비(RIE)를 사용한 건식식각이 주로 사용되었으나 plasma를 형성하는 power와 bias power가 서로 연동되어, plasma 밀도와 ion bombardment energy를 선택적으로 조절하기가 어려워 식각의 선택성이 약화되는 문제를 가지고 있다. 또한 고밀도의 plasma를 균일하게 생성하기가 어렵다. 낮은 압력하에서 낮은 전자온도와 $10^{17}/m^3$ 이상의 균일한 plasma를 생성할 수 있으며 plasma 밀도와 ion bombardment energy를 개별적으로 조절 가능한 remote plasma source가 많이 이용되고 있다^[6]. 극미세 패턴 공정에서는 높은 이방성 식각특성이 요구되고 있고 이것은 낮은 압력하에서의 동작으로 좌우된다. 비교적 장치의 구조가 간단하고 높은 식각율과 균일한 plasma를 생성할 수 있는 ICP 식각장비의 연구가 활발하게 진행되어 현재 8 inch 기판 공정에 훌륭하게 적용되고 있다^[2]. 그러나 이 기술을 보다 큰 대면적 기판에 적용하는 것에 많은 어려움을 나타내고 있다^[3]. 유도결합형 plasma(ICP)에서는 보통 평면의(planar) 나선형(spiral) 형태의 안테나를 통해 RF 전원을 공급하게 되는데 chamber의 크기가 커짐에

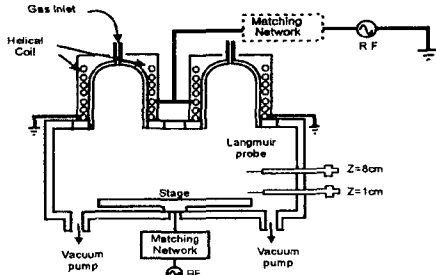
따라 안테나의 크기 또한 증가되어야 한다. 안테나의 길이가 증가하게 되면 직렬저항(series resistance)이 증가하여 오옴손실(ohmic loss)가 증가하여 power의 전달이 비효율적이 된다. 또한 안테나의 대형화는 유전체의 대형화를 초래하고 고진공 상태에서 압력을 견딜 수 있도록 유전체창의 두께 또한 두꺼워져야 하므로 장비제작의 비용이 증가되고 유도결합 효율을 저하시키는 문제점을 가지고 있다^[2,4].

본 연구에서는 상업용 반응이온식각방식(RIE)의 LCD etcher의 상단부를 개조하여 ICP방식이 아닌 helical resonator 단위 source를 2 × 2로 배열하였다.

Helical resonator를 배열한 구조에서는 개별소스에 추가로 부착되는 별도의 가변축전기 없이도 RF tab의 위치를 가변하여 공명위치를 찾아냄으로써 반사파가 zero인 완벽한 matching을 얻을 수 있다.

본론

본 연구에서 사용한 chamber의 크기는 가로, 세로, 높이가 625 × 625 × 180mm로 [그림1]에 그 개략적 구조를 나타내었다.



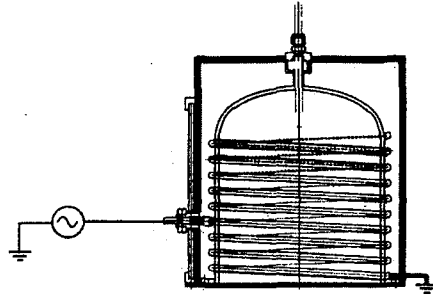
[그림1] Helical resonator를 2 × 2로 배열한 chamber의 구조도

각 단위 source에서 bell-jar형태의 유전체에 감겨 있는 helical coil의 한쪽끝은 접지를 시키고 다른 끝은 개방시켰으며 RF power 전달을 위한 tab은 coil 양단 사이에서 그 위치를 변화시킬수 있게 하였다. 4개의 단위 source는 하나의 RF 전원과 연결시켰고 각각 tab의 위치를 변화시켜 공명이 일어나는 위치를 찾았다.

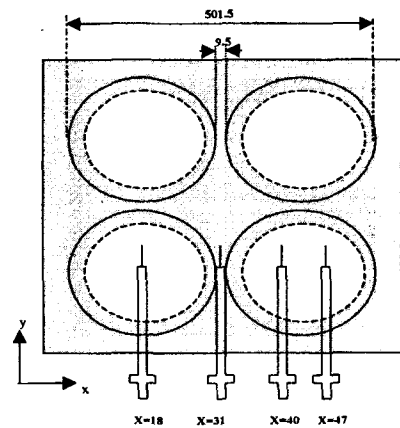
Feed gas는 각 source의 유전체 상부에서 동일한 경로를 가지고 연결된 line을 통해 아래 방향으로 주입하였다. 공정조건의 미세한 변화에 따른 공명 조건의 미세한 변화는 하나의 matching network를 이용하여 교정하였다. Langmuir probe를 사용하여 아르곤(Ar)과 산소(O₂) plasma를 진단하였고, 산소 plasma를 이용하여 감광제 식각 실험을 수행하여 Helical resonator 단위 source를 2 × 2로 배열시 인접한 source간의 영향을

살펴보았다.

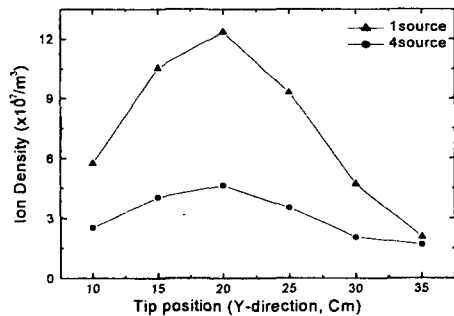
[그림2]는 각 단위 source의 개략도를 나타내고 있다. Helical coil의 길이는 입력 RF power 파장의 1/4의 길이로 제작되었고 유전체 주위에 나선형(spiral)으로 감았으며 저항 가열로 인한 열의 발생을 고려하여 내부에 냉각수가 흐를 수 있는 관형의 coil을 채택하였다. 그림[3]은 Langmuir probe를 사용하여 plasma를 진단한 위치를 개략적으로 나타내고 있다.



[그림2] 단위 helical resonator source



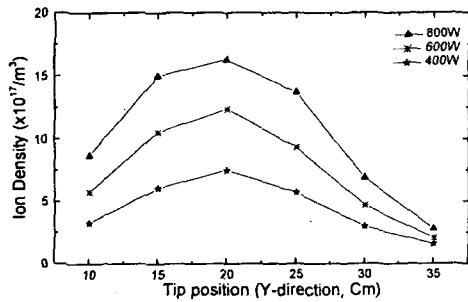
[그림3] Langmuir probe의 진단위치



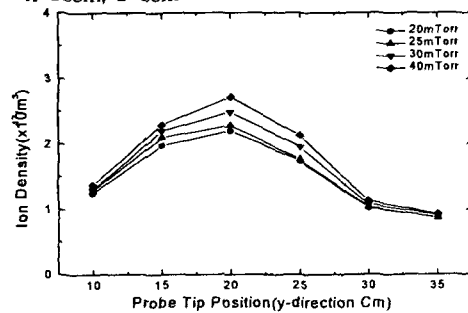
[그림4] 연결된 source의 갯수에 따른 ion 밀도의 분포
Source power:600W, pressure:20mTorr, Ar flow rate:150sccm, Tip position:x=18cm

[그림4]는 RF 전원을 하나의 source에만 연결했을 때와 4개의 source에 병렬 연결하였을 때의 ion 밀도의 경향을 나타내고 있다. 4개의 source에 연결하였을 때 ion의 밀도는 감소하나 균일도의 향상을 확인하였다.

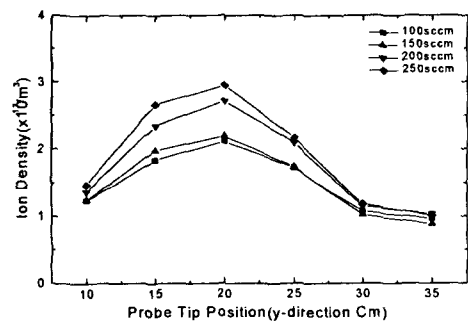
[그림5]에서는 각 공정조건을 변화시키며 그에 대한 plasma의 분포를 나타내고 있다.



(a) Pressure-20mTorr, Ar flow rate-150sccm, x-18cm, z-8cm



(b) Source power-600W, Ar flow rate-150sccm, x=18cm, z=8cm



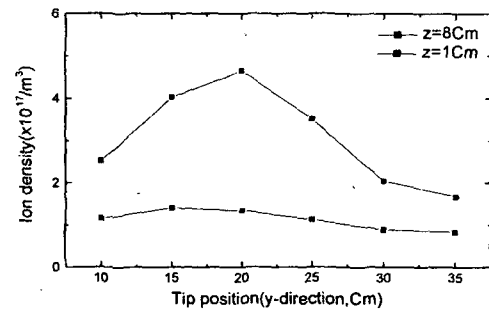
(c) Source power-600W, Pressure-20mTorr, x=18cm, z=8cm

[그림5] 공정조건에 대한 plasma의 분포

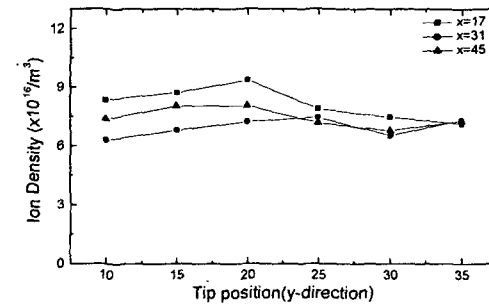
- (a) Source power에 대한 ion 밀도의 분포,
- (b) 공정 압력에 대한 ion 밀도의 분포,
- (c) Gas flow rate에 대한 ion 밀도의 분포

Langmuir probe의 위치를 변화시키며 plasma 진단을 수행하여 각 위치에 대한 균일도를 살펴보았다. [그림6(a)]는 기관과의 수직 거리에 따른 plasma의 분포를 [그림6(b)]는 수평 방향의 위치에 따른 plasma의 분포를 나타내고 있다.

[그림6(a)]에서 보이듯이 안테나 바로 아래에서 형성된 plasma가 기관쪽으로 확산되므로 기관의 상부 1cm에서 측정된 ion 밀도가 더 낮아지지만 균일도는 향상됨을 볼 수 있다. [그림6(b)]는 두 source의 중심부에서와 두 source 사이에서의 ion 밀도를 측정된 결과로 ion 밀도의 큰 차이를 보이지 않고 있다. 밀도가 낮을 것이라 추측되는 두 source 사이의 밀도도 증가시킴으로써 plasma 균일도의 향상을 보이고 있다.



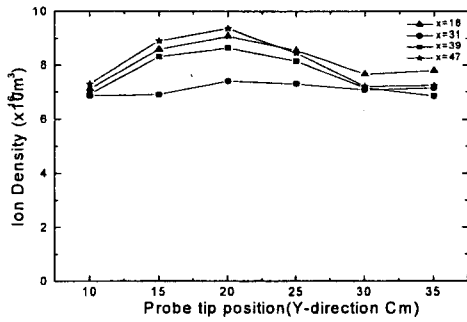
(a) Tip position : x=18cm



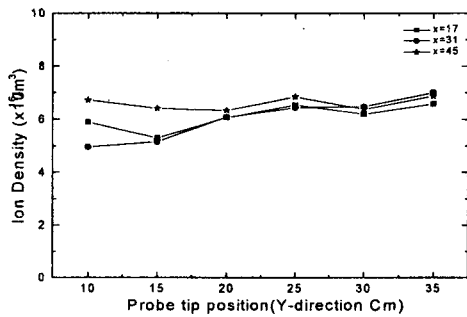
(b) Tip position : z=1cm

[그림6] 측정위치에 대한 plasma의 분포
Source power:600W, pressure:20mTorr, Ar flow rate:150sccm

산소 plasma를 사용하여 감광제 식각 실험을 수행하기에 앞서 Langmuir probe를 사용하여 산소 플라즈마의 분포 경향을 살펴보았다. [그림7]은 기관의 상단 1cm와 8cm에서 각 위치에 대한 plasma의 분포를 측정된 결과이다.



(a) Tip position : z=8cm

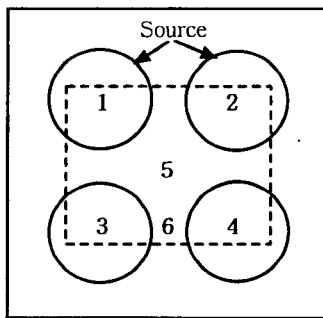


(b) Tip position : z=1cm

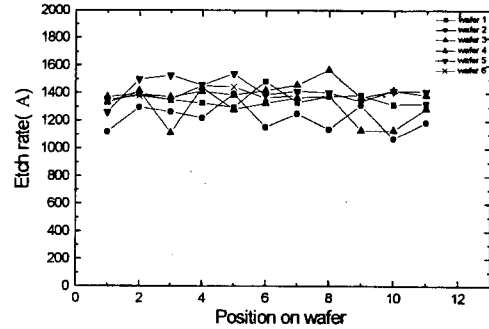
[그림7] 산소 plasma의 ion 밀도

Source power:600W, pressure:20mTorr, Oxygen flow rate:100sccm

Source power 600W, 공정압력은 20mTorr, 산소의 flow rate는 100sccm, bias power는 250W의 공정조건 하에서 산소 plasma를 사용하여 감광제 식각공정을 수행했다. Alpha-step을 사용하여 공정 후 식각된 단차를 측정하였고 측정한 위치를 [그림8]에서 나타내고 있다.



[그림8] 기판의 식각을 측정위치



[그림9]기판의 위치별 감광제 식각율

[그림9]는 기판의 각 위치에 대해 측정된 식각율을 나타내고 있다. 기판의 중앙부인 5번 위치와 두 source 사이에 위치한 6번 위치에서도 각 source의 중심부에 비해 큰 차이 없이 균일한 식각이 이루어 졌다.

결론

Helical resonator를 단위 source로 사용함으로써 별도의 부가적인 tuning capacitor 없이도 효율적인 power전달이 가능하였다. 4개의 단위 helical resonator를 2×2로 배열한 대면적 chamber에서 고밀도의 plasma를 균일하게 형성하였고, 감광제 식각 공정을 통해 우수한 식각 균일도를 얻었다. 제안된 helical resonator의 배열 방식의 유용성을 검증하였고, 보다 큰 대면적 chamber에서의 적용가능성을 확인하였다.

참고문헌

- [1] A. Shih and R. Beer, "Solid State Technol.", pp.71-80, May 1996.
- [2] A. E. Wendt and L. J. Mahoney, *Pure & Appl. Chem.*, vol. 68, No. 5, pp. 1055-1058, 1996.
- [3] F. Heinrich, U. Bannziger, A. Jentzsch, G. Neumann, and C. Huth, *J. Vac. Sci. Technol.*, B vol. 14, pp. 2000-2004, 1996.
- [4] Z. Yu, D. Shaw, P. Gonzales, and G. J. Collins, *J. Vac. Sci. Technol.*, A vol. 13, pp. 871-874, May/June 1995.
- [5] C. Chan, U.S. Patent No. 5,653,811, 1997
- [6] 홍문표, "TFT-LCD용 박막의 에칭기술", 1999년도 LCD거점연구단, February, 1999.