

내장형 선형 안테나를 이용한 대면적 유도결합형 플라즈마 소스에 관한 연구
The study of the large area inductively coupled plasma source using the internal linear antennas

박정균¹, 임중혁¹, 김경남¹, 염근영¹
¹ 성균관대학교, 신소재공학과

초 록 : 평판 디스플레이의 대면적 플라즈마 공정을 위하여 내장형 선형 안테나를 설치하였고 실질적인 식각 균일도를 알아보기 위하여 floating antenna의 전압 분포 조건에서 glass 위에 2 μ m의 photoresist가 도포된 시편을 사용하여 식각을 하였다. 식각 균일도 실험은 5 kW의 입력전력과 15mTorr의 O₂ gas 조건에서 40분 동안 진행하였다. 그 결과 2,300 mm × 2,000 mm의 기관 상에서 약 11 %의 식각 균일도를 얻을 수 있었다.

1. 서 론

대면적 평판형 TFT-LCD의 수요의 증가로 낮은 비용과 높은 수율을 필요로 함에 따라 평판형 디스플레이 패널 공정에 더 넓은 크기의 유리기관이 적용되고 있다. 따라서 이를 적용가능한 대면적 디스플레이 공정 장비에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 건식식각 장치가 대면적화 되어 가면서 기존의 유도결합 플라즈마 소스의 경우 안테나 길이의 증가에 따른 인덕턴스 증가로 인한 불균일한 플라즈마의 발생이 문제가 되고 있다. 최근 이러한 대면적 고밀도 플라즈마의 적용을 위하여 새로운 유도결합형 플라즈마 소스가 개발되고 있으며, 안정적인 공정을 위하여 여러 형태의 안테나가 연구되고 있다. [1-3]

2. 본 론

2.1 실험 장치 및 방법

본 연구에서는 대면적 평판형 디스플레이 공정을 위해서 2750 × 2350 mm²의 크기를 가지는 공정 챔버에 내장형 ICP 시스템을 제작하였다. 병렬로 4개의 multiple U-type antenna를 구성하고 안테나의 전단에는 L-type matching network를 통해서 13.56 MHz RF power를 연결하였고, 후단에는 직접 접지하거나 가변 캐패시터를 통한 뒤 접지하였다. 안테나 사이의 간격은 320 mm이고, 안테나와 챔버 벽과의 거리는 160 mm이다. 안테나는 수냉식으로 직경 25.5 mm의 동관으로 되어 있고, 외경 33 mm, 두께 1.5 mm의 퀴즈관이 동축으로 안테나 외부를 덮고 있다.

플라즈마의 특성을 조사하기 위해서 랑뮤어 프로브(Hiden)를 안테나 아래에 설치하였다. 임피던스 프로브를 이용하여 안테나의 전기적인 특성을 측정하였다.

2.2 실험 결과 및 고찰

13.56 MHz RF power에서 Ar gas, 15 mTorr 공정압력 조건에서 1 kW에서 8 kW까지 입력전력의 증가에 따른 플라즈마 밀도를 랑뮤어 프로브로 측정하였다. 캐패시터를 사용하지 않은 grounded antenna의 경우와 캐패시터를 사용한 floating antenna의 두 경우 모두 입력전력 증가에 따라 플라즈마 밀도가 선형적으로 증가함을 관찰할 수 있었다. 하지만 floating antenna의 경우가 grounded antenna에 비하여 조금 더 높은 플라즈마 밀도를 보여주었고, 8kW의 입력전력에서 약 1.18 × 10¹¹ cm⁻³의 플라즈마 밀도를 관

찰할 수 있었다.

Ar gas, 15 mTorr의 공정압력 조건에서 입력전력에 따른 플라즈마 전위와 전자 온도를 관찰하였다. 입력전력이 증가됨에 따라 두 경우 모두 플라즈마 전위가 전체적으로 감소하는 경향을 보여주었고, Grounded antenna는 floating antenna와 비교하여 높은 플라즈마 전위를 관찰 할 수 있었다. 8 kW의 입력전력과 Ar gas, 15 mTorr의 공정압력 조건에서 Grounded antenna의 경우 약 36 V의 플라즈마 전위와 약 2.96 eV의 전자온도를 관찰 할 수 있었고, floating antenna의 경우 약 28 V의 플라즈마 전위와 약 2.89 eV의 전자온도를 얻을 수 있었다.

Ar gas, 15mTorr의 공정압력 조건에서 임피던스 프로브를 이용하여 입력전력 증가에 따라 나타나는 안테나의 평균 전류와 평균 전압을 측정하였다. [4] 평균 전압은 grounded antenna와 floating antenna의 두 경우 모두 입력전력의 증가에 따라 증가하는 경향을 보여주었고 grounded antenna가 floating antenna보다 더 높은 평균 전압을 나타내었다. 안테나의 높은 임피던스에 의해 유도되는 높은 전압은 안테나를 감싸고 있는 퀴즈관 근처에 유도되는 전압을 증가시키고 플라즈마 공정 시 퀴즈관의 스퍼터링으로 인한 오염문제, 기관으로부터의 손상 등을 야기할 뿐만 아니라 상대적으로 낮은 전압의 안테나 특성과 비교하여 불안정하고 불균일한 플라즈마를 여기 시킨다. 안테나에 인가된 전류의 증가는 전자기장을 증가시켜 플라즈마 밀도의 증가를 가져오는데, 실질적으로 grounded antenna에 비하여 높은 전류를 가지는 floating antenna의 플라즈마 밀도가 더 높음을 확인할 수 있었다.

RF power에서 안테나로의 정확한 전력전달효율을 알기 위하여 RF power 출력단에서의 임피던스를 측정하였고 matching network과 안테나 사이에서 각각 측정하여 matching network에서 소비되는 전력을 감안한 결과 입력전력 8 kW에서 약 83 %의 전력전달효율을 얻을 수 있었다.

그림 1은 High voltage probe를 이용하여 5 kW의 입력전력과 15 mTorr, O₂ gas 조건에서 grounded antenna와 floating antenna의 전압 분포를 보여준다. 캐패시터를 사용하지 않은 grounded antenna의 경우에는 각 위치에 따라 불균등한 전압 분포를 보여주고 상대적으로 floating antenna에 인가되는 평균 전압에 비하여 높음을 알 수 있었다. 반면 그림 1에서 floating antenna의 경우는 가변 캐패시터를 조절하여 각각 약 300 pF ~ 400 pF의 값에서 상대적으로 균일한 전압 분포를 나타내었다. 불균일한 전압 분포를 가지는 grounded antenna의 경우 플라즈마 균일도에 있어서 한쪽으로 크게 몰리는 등의 불균일한 균일도를 확인할 수 있었고, 그림에서 나타내지는 않았지만 실제로 식각 균일도를 조사한 결과 상당히 불균일한 균일도를 관찰 할 수 있었다. [5]

하지만 그림 2에서 볼 수 있는 균일한 전압분포를 갖는 floating antenna의 경우에 더 좋은 식각 균일도를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Y. Wu, M. A. Lieberman, Appl. Phys. Lett. 72, 777 (1998)
- [2] V. Singh and J. Holland, IEEE Trans. Plasma Sci, 27 1366 (1996)
- [3] F. Heinrich, U. Banziger, A. Jentsch, G. Neuman, and C. Huth, J. Vac. Sci. Technol., B14(3) 2000 (1996)
- [4] W. E. Mlynko and D. W. Hess, J. Vac. Sci. Technol. A 3, (1985) 499.
- [5] Y. Wu, A travelling wave-driven, inductively coupled large area plasma source for flat panel processing

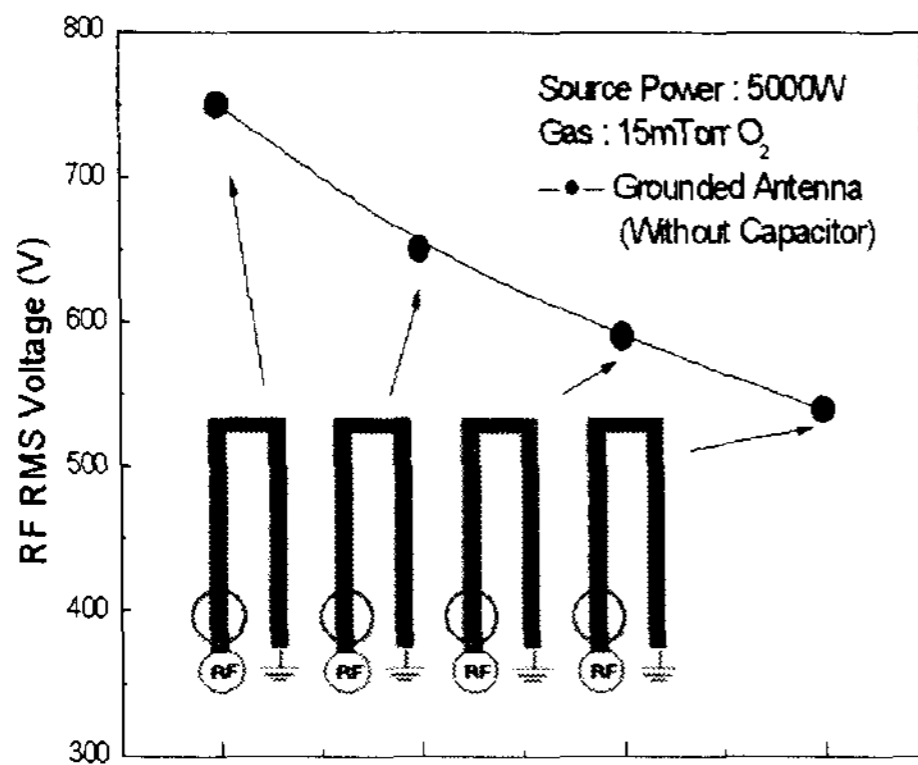


Fig.1. RF RMS voltage on the multiple U-type antenna measured by a high voltage probe at an inductive power of 5kW and an O₂ pressure of 15mTorr for the grounded antenna

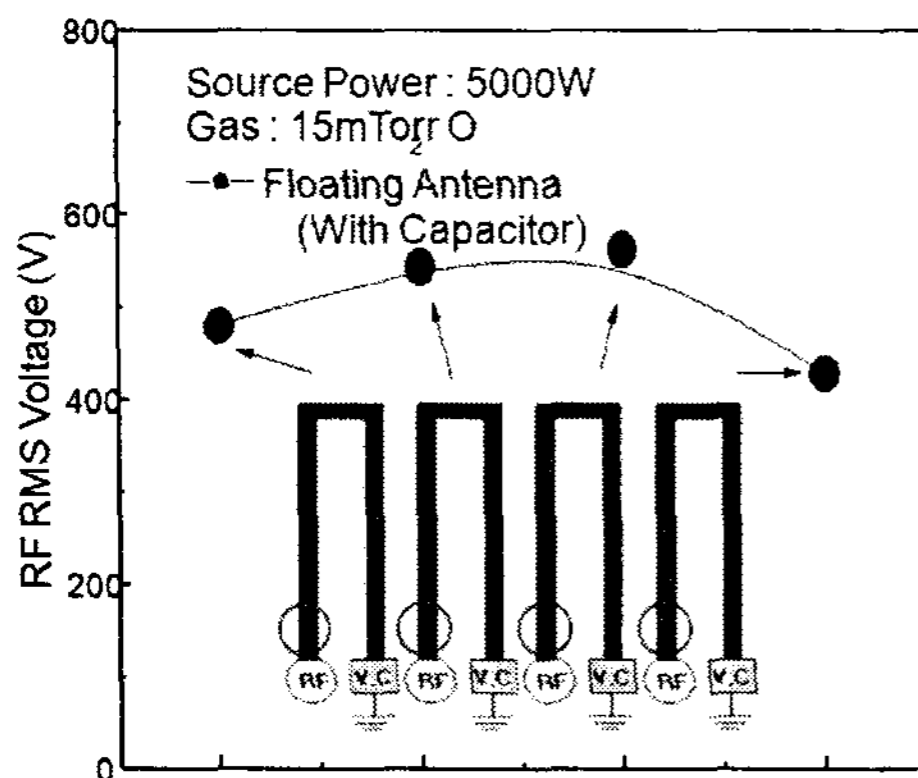


Fig.2. RF RMS voltage on the multiple U-type antenna measured by a high voltage probe at an inductive power of 5kW and an O₂ pressure of 15mTorr for the floated antenna.

3. 결 론

본 연구에서 대면적 평판형 디스플레이(기판 크기 2,300 mm × 2,000 mm)의 플라즈마 공정의 응용으로 내장형 multiple U-type antenna로 구성된 내장형 안테나가 ICP 소스로 사용되었고, 안테나의 전기적인 특성과 플라즈마 특성을 측정하였다. 또한 가변 캐패시터를 U-type antenna의 후단에 연결함으로써 안테나의 전기적인 특성과 플라즈마 특성을 비교할 수 있었다. Floated antenna의 경우에 높은 전력전달효율과 높은 플라즈마 밀도, 낮은 플라즈마 전위 등을 얻을 수 있었다. 랑뮤어 프로브를 이용하여 플라즈마 특성을 관찰한 결과 약 $2.0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 의 플라즈마 밀도를 구할 수 있었다. 또한 최적화된 안테나 배열 상태에서 약 11% 이하의 photoresist 식각 균일도를 얻을 수 있었다.