

# 대면적 LCD용 ICP소스에 대한 수치 해석적 분석

이 주율, 이 영직, 이 강환, 손 명식, 황 호정  
중앙대학교 전자공학과 반도체 공정 소자 연구실  
156-756 서울시 동작구 흑석동 221  
E-mail 주소 : juyul@semilab3.ee.cau.ac.kr

## A Numerical Analysis on the Development of ICP Source for Large Area LCD

Ju-Yul Lee, Young-chig Lee, Kang-Whan Lee, Myung-Sik Son, Ho-Jung Hwang  
Semiconductor Process and Device Lab., Dept. of Electronic Engineering, Chung-Ang Univ.  
221, Huksuk-Dong, Dongjak-Gu,  
Seoul, 156-756, KOREA  
E-mail Address : juyul@semilab2.ee.cau.ac.kr

### Abstract

In this paper, we analyzed electric field density and plasma condition to ICP reactor geometry structure, to generate plasma, to maintain plasma uniformity of large area LCD panel in ICP reactor also, we simulated electric field density for all kind existence current (antena and plasma current) in ICP reactor to analyze plasma antena structure

### I. 서론

공정 기술이 점차적으로 고집적 및 대면적화됨에 따라 제작된 장비에 대해 오차 보정 작업을 수행하고, 이를 통한 최적의 공정을 개발하기 위해서는 더욱 많은 시간이 소요된다. 따라서 장비를 개발할 때, 많은 자본과 시간이 요구되는 실제의 제작에 앞서서 각 공정의 물리 화학적 모델을 이해하고, 이의 분석을 통해 컴퓨터를 이용한 소스 반응로의 최적 설계를 위한 분석이 필요성이 대두 되었다.

즉, 실제 장비를 제작하기에 앞서 고밀도, 균일성을 지닌 플라즈마 장치의 설계 조사가 필요하고, 이러한 복잡한 구조의 소스 플라즈마 장치에서는 중략경계조건에 따른 반응로에서 메카니즘을 분석하고, 이로부터 보다 정확한 프로파일을 예측할 필요가 있게 된다.

이를 위해 본 연구에서는 ICP 반응로의 대면적 기판 영역에 균일한 플라즈마를 발생, 유지시키기 위하여 ICP 반응로의 기하학적 구조에 따른 전자장과 플라즈마 현상에 대한 연구를 수행하였다. 특히, 안테나

구조가 플라즈마 소스 발생[1]에 미치는 영향을 분석하기 위하여 ICP 반응로에 존재하는 모든 종류의 전류-안테나에 흐르는 전류와 플라즈마에 유도된 전류에 의하여 플라즈마 공간 내 생기는 inductive field에 대한 플라즈마의 밀도 계산을 수행하였다.

개발된 시뮬레이터는 안테나에서 제공되는 RF power가 고밀도 플라즈마( $N_e > 10^{11} \sim 10^{12} \text{cm}^{-3}$ )에 inductive coupling되는 현상을 적용하기 위하여 이차원적 FDM(Finite Element Method)을 이용하여 시뮬레이터 코드를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터의 입력파라미터는 안테나의 위치, 안테나의 반경, 안테나의 개수[8], 안테나 전류 등을 임의적으로 변경할 수 있게 만들어져 있으며, 기판(substrate) 근처에서 생기는 유도 전자장 분포를 균일하게 하는 안테나 구조와 안테나 전류의 세기가 주는 영향에 대하여 시뮬레이션을 하였다. 특히, 이 시뮬레이션 코드는 여러 개의 원형 loop 안테나에 흐르는 전류간에 존재하는 위상차이를 반영할 수 있게 만들어져 있다. 이 코드는 전자와 다른 입자간의 충돌 현상을 고려하였고, 플라즈마의 local conductivity를 사용하고 있다.

균일한 플라즈마를 유지하기 위하여 4개 혹은 임의의 갯수의 원형 loop 안테나 구조[3]에 대하여 시뮬레이션 하였고, 이를 대면적, 대용량의 ICP 반응로에 적용하였다.

### II. 시뮬레이션에 사용된 ICPS 반응로

본 연구에 목적인 대면적 LCD용 플라즈마 소스의 분석을 위해서 다음을 만족하는 반응로의 모의 실험 조건이 주어진다.



위치에서의 전계분포  $E_{\theta}$  를 구할수 있다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

ICP 플라즈마의 밀도는 그림 2에서처럼 일반적으로 sin 함수와 Bessel function의 혼합 형태로 나타난다.

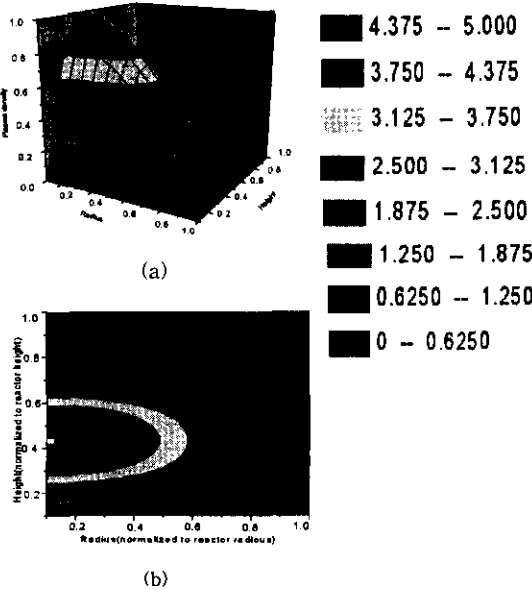


그림2 ICP 반응로내의 플라즈마 밀도분포

식(4)를 시뮬레이션 하면 다음과 같은 안테나 개수와 플라즈마 밀도에 따른 전계 분포를 얻을수 있다. 그림3,그림4,그림5는 안테나가 놓여있는 위치에서 높은  $E_{\theta}$  값이 나타남을 보이고 있다.

그림4, 6을 보면 원점을 중심으로 네 개의 안테나가 ICP내에  $E_{\theta}$ 에 주는 영향이 양쪽 끝부분보다 중앙에 있는 부분에 더 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 근접한 안테나끼리 서로간의 영향에 의한 상호작용이 결합됨으로써 ICP 반응로 내부의 전계에 더욱 많은 영향이 미쳤음을 의미한다.

그림3,그림4는 ICP 반응로 내가 진공일 때, 다시 말해 플라즈마가 존재하지 않을 때의 전계 분포를 보이고 있다.그림 5,그림6은 ICP 반응로 플라즈마 상태에서의  $E_{\theta}$  값을 보이며 이때의 플라즈마 밀도는  $10^{11} \text{cm}^{-3}$ 이다

그림3,그림4 와 그림5,그림6을 비교하면, 그림5, 그림6에서는 플라즈마가 존재하는 경우 안테나부근에서만  $E_{\theta}$  가 크게 나타나며 전계는 반응로 내부로 깊게 확장되지 않음을 알 수 있다. 또한 플라즈마가 존재하지 않는 그

림3, 그림4 에서는 안테나부근에서  $E_{\theta}$  가 깊이방향(Z)으로 보다 깊게 분포하게 됨을 보여주고 있다.

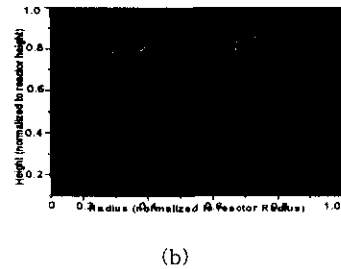
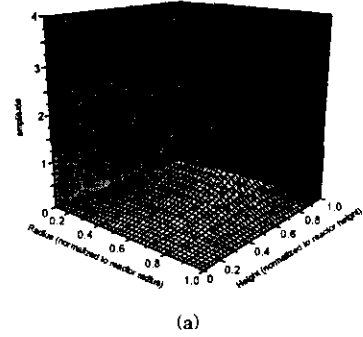


그림 3 안테나가 2개 일 때, 반응로 내부가 진공일 때의  $E_{\theta}$

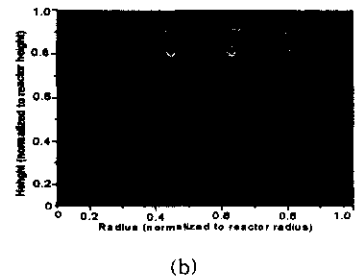
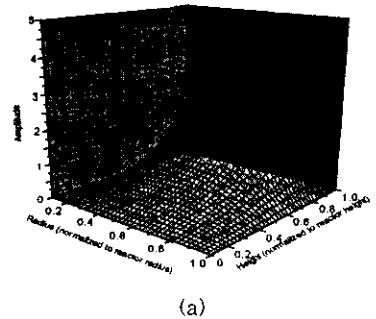


그림 4 안테나가 4개 일 때, 반응로 내부가 진공일 때의  $E_{\theta}$

### V.결 론

안테나에서 제공되는 RF power가 고밀도 플라즈마 ( $N_e > 10^{11} \sim 10^{12} \text{cm}^{-3}$ )에 inductive coupling되는 현상을 적용하기 위하여 이차원적 FDM을 이용한 시뮬레이션 코드를 개발하였고 개발된 시뮬레이터의 입력파라미터는 안테나의 위치, 안테나의 반경, 안테나의 개수, 안테나 전류 등을 임의적으로 변경할 수 있게 만들어져 있으며, 기판(substrate) 근처에서 생기는 유도 전자장 분포를 균일하게 하는 안테나 구조와 안테나 전류의 세기가 주는 영향에 대하여 시뮬레이션을 하였다. 특히, 개발된 시뮬레이션 코드는 여러 개의 원형 loop 안테나에 흐르는 전류간에 존재하는 위상차이를 반영할 수 있게 만들어져 있다. 또한 균일한 플라즈마를 유지하기 위하여 4개 혹은 임의의 원형 loop 안테나 구조에 대하여 시뮬레이션 수행하였고, 이를 대면적, 대용량의 ICP 반응로에 적용하였다.

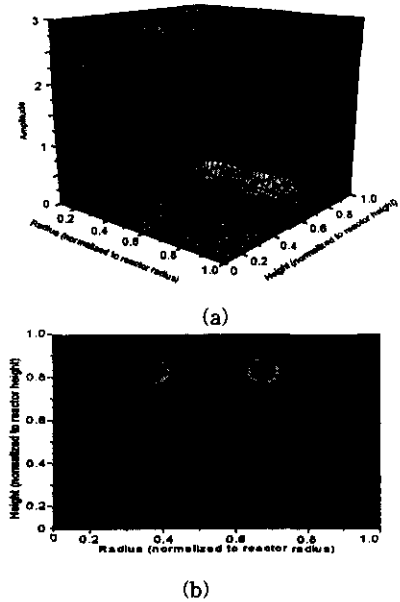


그림 5 안테나가 2개 일 때, 반응로 내부에 플라즈마 밀도가 존재할 때의  $E_\theta$

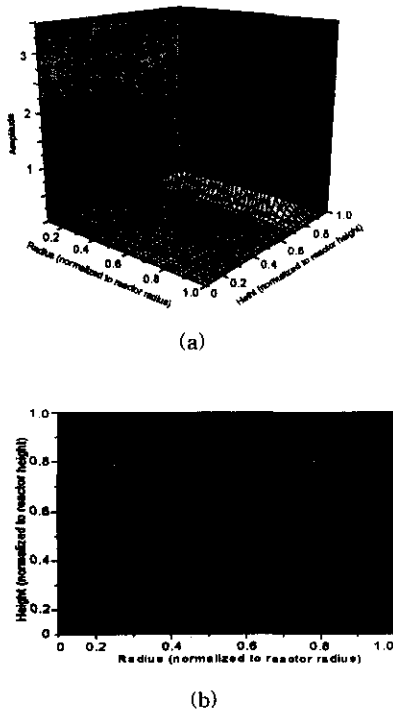


그림 6 안테나가 4개일 때 반응로 내부에 플라즈마 밀도가 존재할 때의  $E_\theta$

### VI. 참고 문헌

- [1] S.Ichimaru, *Basic Principles of Plasma Physics, A Statistical Approach*, Frontiers in Physics Vol.41, 1973
- [2] M.M.Turner, "Collisionless Electron Heating in an Inductively Coupled Discharge", *Physical Review Letters* 71, pp.844(1993)
- [3] Ryszard Nawrowsk, "Coupled Field in Plasma Generator", *Compumag the 11th conference*, pp59(1997)
- [4] Peter L.G.ventzek, Timothy J. Sommerer, Robert J. Hoekstra, and Mark J.kushner, "Two-dimensional hybrid model of inductively coupled plasma sources for etching", *Appl,phys.Lett* Vol 63, pp606(1993)
- [5] Wenli Z.collison and Mark J.kushner. "Conceptual Design of Advanced Inductively Coupled Plasma Etching Tools using computer Modeling", *IEEE Trans on. Plasma science* Vol 24, pp135(1996)
- [6] Ming Li, Han-Ming Wu, and Yunming Chen, "Two-demensional Simulation of inductive plasma source with Self-consistent Power Deposition", *IEEE Trans on.Plasma science* Vol.23, pp558(1995)
- [7] R.O.Dendy, *Plasma Dynamic*, Clarendon Press. Oxford, 1990
- [8] Naoki Yamada, Peter L.G.Ventzek, H.Date, Y.Sakai and H.Hagashira, "Model for a large area multi-frequency multiplanar coil inductively coupled plasm source", *American Vacuum society*, pp2859(1996)