

## 주기적인 축방향 자기장을 추가한 유도결합형 플라즈마 장치에서의 감광제 제거공정 개발

송호영, 라상호, 박세근, 오범환  
인하대학교 전자 전기 컴퓨터공학부  
Tel : 032-860-7768 / Fax : 032-875-5882

### Development of photoresist ashing process in an ICP with periodic axial magnetic field

Ho-Young Song, Sang-Ho Rha, Se-Geun Park, Beom-Hoan O  
Department of Electrical and Computer Engineering, Inha University  
sohoyo@hanmail.net

#### Abstract

Low frequency (<100Hz) weak magnetic field (<20gauss) is applied axially to an inductively coupled oxygen plasma (ICP), and its plasma characteristics are monitored by OES (Optical Emission Spectroscopy) and Langmuir probe. It is found that periodic magnetic field enhances ashing rate by 25% and improves its uniformity upto 4.5% over 8" wafer. From electron energy distribution function, both low and high energy electrons are identified and relative abundance is found to be controlled by the applied frequency. Moreover, it is observed that ionization and dissociation species are varied with applied frequency. We insert an aluminium baffle in the chamber to get better uniformity and less plasma damage.

#### 서론

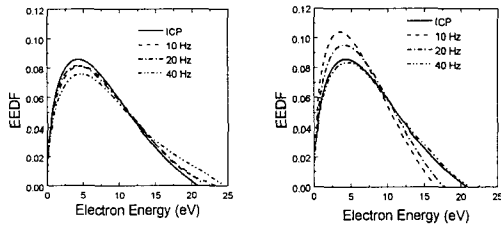
최근 반도체 산업은 고집적화에 따른 소자의 크기 감소와 공정상의 비용을 줄이기 위한 기관의 대형화 추세에 있다. 따라서 이러한 요구에 상응할 수 있는 장비의 개발은 시급한 과제라 하겠으며, 이중 반도체 소자의 제조과정에서 가장 많이 반복되는 감광제 제거용 장비(asher)의 개발은 무엇보다 중요하다 하겠다. 특별

히 감광제를 제거하는 공정을 ashing이라고 하는 것은 1Torr 이상에서 organic polymer인 감광제를 산소 라디칼(radical)을 이용하여 제거하기 때문이다. 대면적 감광제 제거용 장비의 개발에 있어서 중요하게 고려되는 사항은 첫째로 수율 측면에서 넓은 면적에 걸쳐 균일하고 높은 밀도의 플라즈마를 형성하는 것이다. 둘째로는 신뢰도를 높이기 위해 공정 중에 야기될 수 있는 플라즈마에 의한 gate oxide의 damage가 고려되어야 한다.<sup>[1]</sup> Damage 문제를 고려하여 주로 채택되고 있는 플라즈마 발생부와 반응실이 격리된 형태의 down stream 방식은 대면적화가 어렵다는 단점을 가지고 있으며<sup>[2]</sup>, Ozone의 강한 산화력을 이용한 Ozone 방식은 300°C이하의 공정온도에서는 감광제 제거율이 현저히 저하되며 particle 문제등 부수적인 문제점을 가지고 있다.<sup>[3][4]</sup> 본 연구에서는 반도체 공정에서 요구되어지는 보다 개선된 장비를 개발하기 위해 본 연구진이 앞서 제안한 유도결합형 플라즈마 소스에 축방향으로 주기적인 자장을 인가한 새로운 개념의 플라즈마 소스인 E-ICP<sup>[5]</sup>를 이용한 감광제 제거용 장비를 제작하였다. 축방향으로 인가된 주기적인 자장이 산소 플라즈마에 미치는 영향을 우선 진단하였으며, 그에 따른 감광제 제거율과 균일도를 측정하였다.

#### 본론

### 1. 저압에서의 주기적인 축방향 자기장을 추가한 유도결합형 산소플라즈마 진단

플라즈마에 주기적인 축방향 자장을 인가하면 표피 두께(skin depth)가 급격히 증가하여 에너지 흡수효율이 향상됨으로서 플라즈마 밀도가 향상되고, 넓은 면적에 걸쳐 균일한 플라즈마를 형성됨은 이미 잘 알려진 사실이다.<sup>[5][6]</sup> [그림 1]은 유도결합형 산소플라즈마에서 주기적인 축방향 자장이 미치는 영향을 살펴보기 위해 Langmuir 탐침을 이용하여 전자의 에너지 분포 특성을 고찰한 것이다. 축방향 약자기장을 형성하기 위해 코일에 인가된 전류의 주파수에 따라 전자의 에너지분포가 변화함을 보이고 있으며, 전자의 온도가 높은 영역과 낮은 영역으로 나뉘어짐을 확인시켜 주고 있다. 이것은 전자의 에너지분포를 코일에 인가되는 전류의 주파수로 효과적인 제어가 가능함을 보이는 것이다.

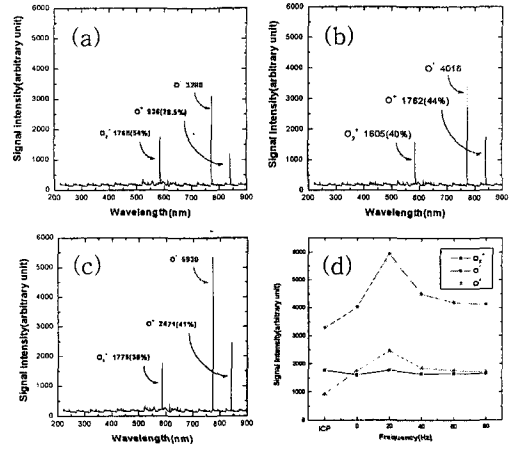


[그림 1] (a) EEDF at axial magnetic field on, (b) EEDF at axial magnetic field off.

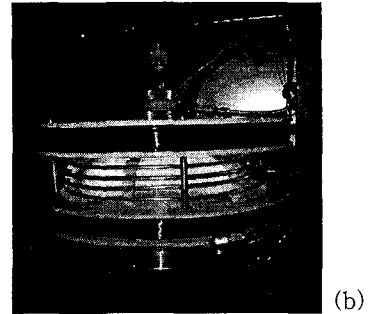
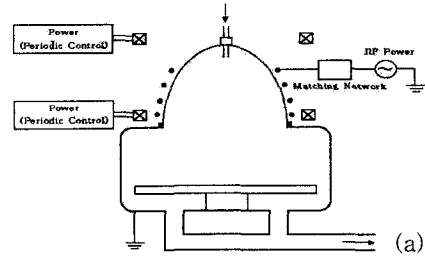
[그림 2]는 주파수 변화에 따른 생성종의 변화를 OES를 사용하여 고찰한 것이다.  $O^*(774.4nm)$ 과  $O^*(844.5)$  그리고  $O_2^*(558.2nm)$ 이 관찰되었으며, 팔호 안에  $O^*$ 을 기준으로 상대적 비를 나타냈다. (a)는 전형적인 유도결합형 플라즈마(ICP), (b)는 축방향 자장이 인가된 유도결합형 플라즈마(M-ICP), (c)는 주기적인 축방향 자장이 인가된 유도결합형 플라즈마(E-ICP)에서의 OES 측정결과이며 (d)에서 주파수에 따른 생성종의 변화를 나타냈고 주파수에 따라 생성종의 상대적 비가 변화하고 있음을 확인할 수 있었다.

### 2. 주기적인 축방향 자기장을 추가한 유도결합형 산소플라즈마를 이용한 감광제 제거

[그림 3]의 (a)는 감광제 제거를 위한 E-ICP의 개략도이고, (b)는 Helmholtz 코일이 설치된 source의 사진이다.



[그림 2] (a)ICP, (b)M-ICP, (c)E-ICP 에서의 OES 측정결과, (d)주파수에 따른 생성종의 변화.

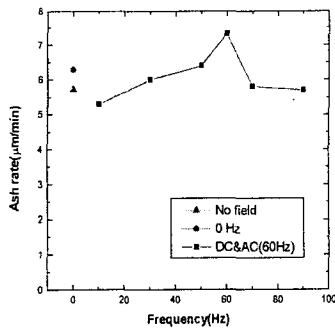


[그림 3] E-ICP system.

주 챔버는 인가된 자장에 의해 자화가 되지 않도록 알루미늄을 사용하였으며 anodizing 처리가 되어있다. 플라즈마를 형성하기 위한 RF power source는 13.56 MHz를 사용하였고, 플라즈마 생성부는 돔(dome)형의 ICP 소스를 선택하였다. 안테나는 저항손실을 최소화하여 전력전달 효율을 높이기 위해 무산소 구리에 은 도금을 하였으며 저항 가열을 고려하여 내부에 냉각수

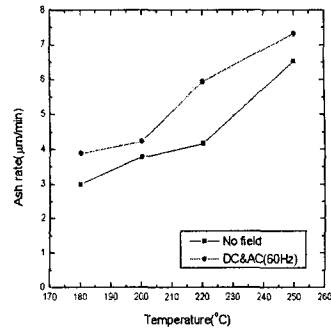
가 흐를 수 있는 광형을 채택하였고, 돌(quartz)의 외부에 일정 간격을 두고 4회 감겨져있다. 주기적인 축방향 자장을 형성하기 위해 돌의 바깥쪽에 Helmholtz 코일을 설치하였다. 원형 코일의 지름은 260 mm이고 Helmholtz 코일의 중앙에서 10 ~ 15 gauss의 자장의 세기를 얻을 수 있도록 구성하였다. 기관의 온도 조절을 위해 기관 스테이지에 heating coil과 thermocouple을 설치하였다.

[그림 4]는 주파수 변화에 따른 감광제 제거율의 변화를 고찰한 것이며 ICP보다는 M-ICP가 높은 제거율을 나타냈고 주기적인 축방향 자장이 인가된 E-ICP의 경우는 60Hz에서 가장 높은 감광제 제거율을 나타냈다. 주파수에 따라 감광제 제거율이 변하는 것은 앞서 측정된 해리종의 주파수의존 특성을 다시 확인시켜 주는 것이라 하겠다. 유도결합형 산소플라즈마에 주기적인 축방향 자장을 인가함으로써 감광제 제거율을 ICP의 경우 6.1  $\mu\text{m}/\text{min}$ 에서 7.3  $\mu\text{m}/\text{min}$ 로 개선할 수 있었다.



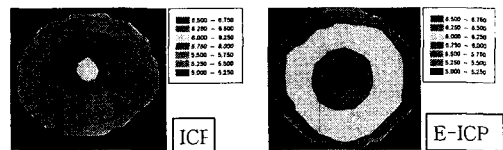
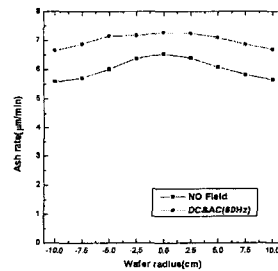
[그림 4] 주파수에 따른 감광제 제거율 변화.

[그림 5]는 온도변화에 따른 감광제 제거율을 나타낸 것이다. 온도가 증가함에 따라 감광제 제거율이 증가함을 보이고 있으며, ICP(no field)에서 250°C의 감광제 제거율을 E-ICP에서는 230°C에서 얻을 수 있었다. 이는 유도결합형 산소플라즈마에 축방향 자장을 인가하여 보다 높은 감광제 제거율을 얻음으로서 이온 주입 후에 표면이 경화된 감광제 제거시 야기될 수 있는 popping 문제를 효과적으로 제어할 수 있다는 가능성을 보여주는 것이다.



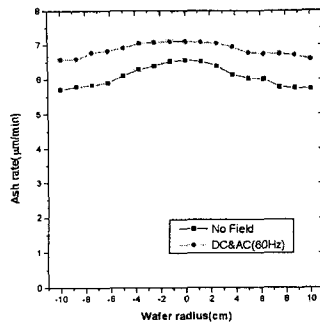
[그림 5] 온도 따른 감광제 제거율의 변화

감광제 패턴이 형성된 8"기관을 사용하여 제거율의 균일도를 살펴보았다. [그림 6]에서 보듯이 감광제 제거 균일도는 8.1%(ICP)에서 4.5%(E-ICP)로 개선된 결과를 나타냈으며, E-ICP의 경우 직경 6" 이내에서는 1% 이내의 매우 우수한 균일도를 얻을 수 있었다.



[그림 6] ICP와 E-ICP의 감광제 제거균일도.

[그림 7]은 플라즈마를 이용한 감광제 제거 공정에서 야기될 수 있는 큰 에너지의 이온에 의한 damage를 최소화하기 위해 알루미늄 차폐막(aluminium baffle)을 사용하여 실험한 결과이다. 기관의 양쪽끝에서 감광제 제거율이 현저히 떨어지는 것을 고려하여 차폐막을 제작하였고, 균일도가 4.5% (baffle을 설치하기전의 E-ICP)에서 3.5%로 개선된 결과를 얻을 수 있었다.



[그림 7] baffle을 설치한 후의 ICP와E-ICP의균일도.

## 결론

유도결합형 플라즈마(ICP)에 Helmholtz 코일을 통하여 주기적인 축방향 자장을 인가하는 E-ICP를 이용하여 감광제 제거용 장비를 제작하였고, 그 특성을 감광제 제거율과 균일도 측면에서 관찰한 결과 축방향으로 인가된 약자장은 감광제 제거율의 증가와 대면적 기판에서 높은 제거 균일도를 나타냈고 높은 공정온도에 의해 발생될 수 있는 popping문제의 해결에도 적용될 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] Marijan Mac다, Radko Osredkar, Andr타 Belic, Al V. Kordesch, "Plasma Damages of Thin Oxide Measured by a Large Charge Collecting Antenna Structure", J. Electrochem. Soc., Vol. 142, No. 5, May 1995.
- [2] F. Pasierb, A. Ghanbari, "Characterization of a novel microwave stripper", J. Vac. Sci. Tech, vol. A 10, pp.1096-1099, 1992.
- [3] C. Gabriel, J. C. Mitchener, "Reduced device damage using an ozone based photoresist removal process", Proc. SPIE, vol. 1086, pp.593-604, 1989.
- [4] W. L. Gardner and A. P. Baddorf, "Temperature and concentration effects on ozone ashing of photoresist", J. Vac. Sci. Technol. A 15(3), May/June 1997.
- [5] Beom-hoan O, Jae-seong Jeong, Se-geun Park, "Improvement of ICP Plasma with Periodic Control of Axial Magnetic Field", Surface & Coatings Technology, 1999.
- [6] Ho-Jun Lee, Jung-hun Kim, Ki-Woong Whang,

and Jung Hoon Joo, "Effects of magnetic field on oxide etching characteristics in planar the radio frequency inductively coupled plasma, J. Vac. Sci. Technol. A 14(3) 1007-1010, May/June 1996.