

# 대기압 플라즈마를 이용한 감광제 제거 공정과 damage에 관한 연구

황인욱, 양승국, 송호영, 박세근, 오범환, 이승걸, 이일항  
인하대학교 정보통신공학과 m-Parc

## A Study on Photoresist Stripping and Damage Using Atmospheric Pressure Plasma

In-Uk Hwang, Seung-Kook Yang, Ho-Young Song, Se-Geun Park,  
Beom-Hoan O, Seung-Gol Lee, El-Hang Lee

Department of Information and Communication Engineering, m-Parc, Inha University

### Abstract

Ashing of photoresist was investigated in dielectric barrier discharges in atmospheric pressure by changing applied voltage, frequency, flow rate. we analyzed the plasma by Optical Emission Spectroscopy(OES) to monitor the variation of active oxygen species. Another new peaks of oxygen radical is observed by addition of argon gas. This may explain the increase in ashing rate with argon addition. With the results of Optical Emission Spectroscopy(OES), we can find the optimized ashing conditions. MIS capacitor for monitoring charging damage by the plasma was also studied. The results suggest the dielectric barrier discharges(DBD) can be an efficient, alternative plasma source for general surface processing.

**Key Words** : Atmospheric Pressure Plasma, Photoresist, MIS capacitor, Ashing

### 1. 서론

평판디스플레이나 반도체 제조공정에서 식각이나 증착공정에 응용되는 비평형 저온플라즈마는 통상 진공중에서 발생하며, 시료나 기관 역시 진공 환경을 유지시켜야하므로 진공 관련 pump와 chamber 등이 필요하게 되어 원가 상승의 요인이 되어왔다.[1] 그러나 최근에 관심을 받게된 대기압 플라즈마는 진공이 불필요하며, in-line 형태의 장비에 장착되어 연속공정이 가능하며, 환경친화적이고 장비와 운영비가 저렴하다. DBD(Dielectric Barrier Discharge)타입에 대기압 플라즈마는 한쌍의 전극에 한쪽 또는 양쪽 전극의 표면을 절연체로 감싸고 두 전극에서 직접 방전이 일어나지 않도록 해두고 교류전압을 인가한 경우의 기체 방전을 말하고, 보통 1기압 이상에서 쓰인다.[4] 그러나 상압 전기방전은 아주 강한 전장을 요구하기 때문에 국부적으로 electric field가 집중되므로 집중된 부분에

큰 전류가 흐르게 되므로 처리하고자 하는 sample에 damage를 입히게 된다.[2] 따라서 대기압에서 damage free하면서 감광제 제거공정에 적용할 수 있는 기술이 요구된다. 본 연구에서는 DBD(Dielectric Barrier Discharge)타입에 대기압 플라즈마 장치를 제작해서 입력 전원, 주파수, 유입가스량등의 각종 공정변수에 따른 감광제 제거공정과 플라즈마 특성을 MIS 캐패시터를 제작해서 플라즈마 charging damage를 조사하여 대기압 플라즈마 감광제 제거장비의 가능성을 확인했다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험

그림 1은 본 실험에 사용된 DBD(dielectric barrier discharge)타입에 대기압 플라즈마 실험장치 개략도이다. 실험장치는 전원부, 전극부, 가스입력부로 2 KW급 AC 전원장치, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 방전관, 가스

유량조절계로 구성되어 있고, 플라즈마 특성을 관찰하기 위해서 OES(Optical Emission Spectroscopy)을 설치했다.

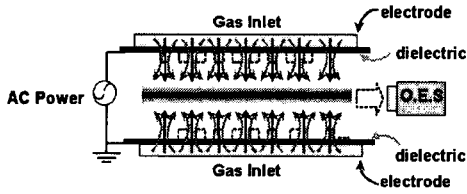


그림 1. 실험장치 개략도

감광제 제거를 실험을 위해서 4인치 웨이퍼에 AZ-1512 감광제를 도포한 후 90 °C에서 10 분간 프리-베이킹하여 1.2 μm 두께의 패터닝 시료를 만들었다. 감광제 식각물은 α-step을 이용하여 감광제 제거 전후의 두께를 각각 측정하였고 실험 파라미터는 방전 전압, 주파수, 가스유량등을 주요 변수로 하여 실험했다.

플라즈마에 의한 감광제 제거 공정중에 발생하는 전하 축적 영향을 알아보기 위해서 MIS 캐패시터를 제작했다. MIS 캐패시터 제작을 위한 시료로 (100) 방향의 P형 실리콘 기판위에 고유전율 절연막으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 를 ALD(Atomic Layer Deposition)장비를 사용하여 70Å 증착하였다. 전극으로는 Cr를 Bias sputtering에 의해 1000Å 증착하여 MIS 캐패시터의 전극으로 사용했고, AZ-1512 PR을 사용하여 패터닝한 후 Cr을 습식 식각하여 여러 가지 조건에서 감광제 제거공정을 수행했다. 대기압 플라즈마 특성을 분석하고 공정중에 형성되는 화학종을 관찰하기 위해서 O.E.S.을 이용하여 플라즈마로부터 발산되는 산소 활성종들을 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2의 (a)는 순수한 산소 플라즈마를 O.E.S.을 이용하여 400 nm - 800 nm 범위의 전체적인 스펙트럼을 나타냈고 매우 강한 라디칼 피크 O\* (645.5 nm, 604.6 nm)와 N<sub>2</sub> (688 nm)피크가 관찰되었다.

그림 2의 (b)는 산소에 아르곤을 200 sccm을 첨가했을 때 대부분 피크가 증가하는 경향을 보였고 O\* (725.5 nm)에서 새로운 피크가 나타났다. 다른 공정 조건으로 입력 전원, 주파수, 가스유량을 변화를 시키면서 관찰했을 때도 라디칼 피크의 큰변화가 보이지 않았다.

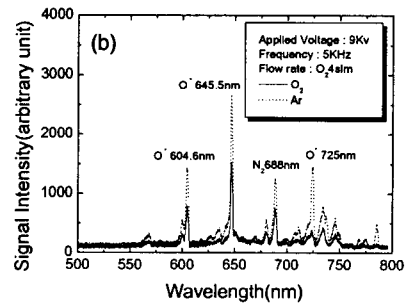
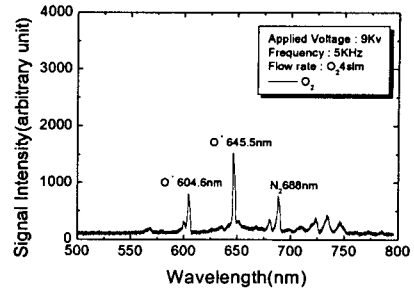


그림 2. 산소 플라즈마의 Optical Emission Spectroscopy.

그림 3은 입력 전원에 따른 감광제 제거율의 변화를 보여주고 있다. 이때 공정조건은 산소 8 slm, 주파수 6 KHz, 플라즈마와 웨이퍼간의 거리는 3 mm 로 고정하였다. 입력 전원을 9 - 13 KV로 변화시켰을 때 감광제 식각률은 0.25 μm에서 0.55μm으로 증가한다. 이러한 증가는 높은 입력 전원에서 산소 분자의 해리율이 증대되어 반응종의 농도가 증가하기 때문이다. 또 산소에 아르곤 200 sccm을 첨가했을 때 감광제 제거율이 증가함을 보였다.

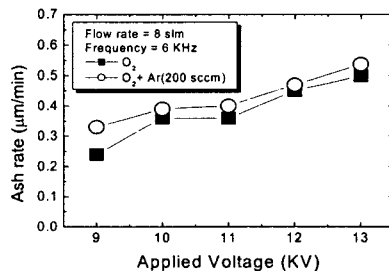


그림 3. Applied Voltage 따른 감광제 제거율 변화

그림 4는 주파수 변화에 따른 감광제 제거율을 나타낸 것으로 입력 전원을 9 - 13 KV 까지 변화를 시키면서 측정한 것으로 입력 전원과 주파수에 비례하여 감광제 제거율이 증가하였고 입력 전원이 13 KV 일때 최대 0.6  $\mu\text{m}$ 까지 제거되었다.

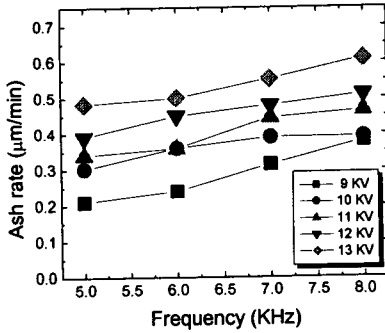


그림 4. 주파수에 따른 감광제 제거율 변화

그림 5는 유량에 따른 감광제 제거공정을 나타낸 것으로 입력 전원 9 KV에서 측정했다. 산소 플라즈마에 아르곤을 첨가했을때 4 slm에서 가장 큰 차이로 감광제가 제거되었다. 유량이 증가함에 따라 감광제 제거반응에 필요한 산소 라디칼 공급과 반응부산물의 제거가 용이해지기 때문에 감광제 제거율은 증가하지만 14 slm기점으로 다시 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 과도한 공정기체가 유입됨에 따라 방전 공간의 유속분포가 비대칭적이 되어 스트리머가 한쪽으로 치우치는 등의 방전불안이 야기되고 방전에너지가 단위 산소분자를 산소 라디칼로 변환시키기 위한 충분한 에너지를 갖지못했기 때문인 것으로 해석된다.

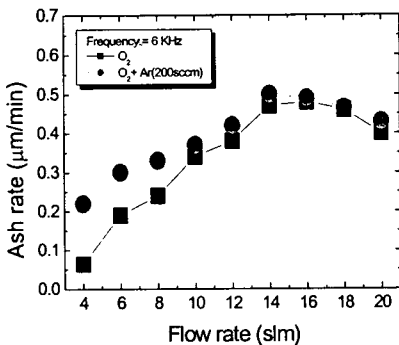


그림 5. 가스 유량에 따른 감광제 제거율 변화

그림 6은 플라즈마 전기적 특성에 가장 영향을 주는 이온에 의한 charging accumulation에 의한 damage, 시료의 표면이나 절연막내, 또는 절연막과 Si사이의 계면의 trap밀도를 관찰하기 위하여 C-V, I-V를 측정하였다[3]. 습식 식각으로 이용한 기준 시편은 플라즈마 damage를 받지 않았기 때문에 비교적 안정된 C-V 특성을 나타내고 있고 그림 6의 (b)는 기준 시편의 I-V 특성으로 누설전류는  $10^{-4}$  A/cm<sup>2</sup> 이하의 낮은 누설전류를 나타내고 있다.

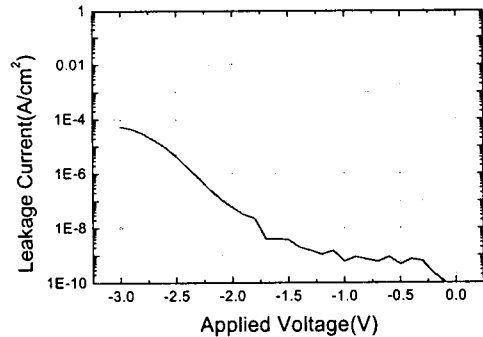
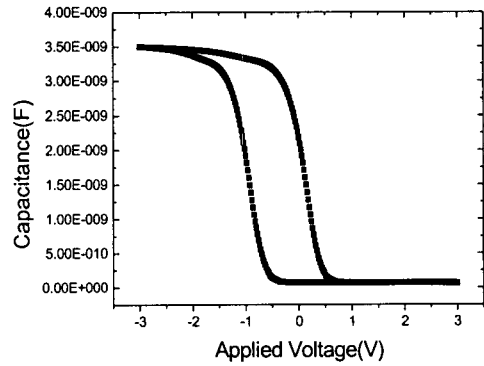


그림 6. Reference 시료의 C-V와 I-V 특성곡선

그림 7은 MIS 캐패시터 시편을 대기압 플라즈마로 감광제 제거 후 C-V 측정결과로 입력 전원 9 KV, 가스유량은 산소 8 slm으로 고정하여 주파수를 변화시키면서 측정하였다.

#### 4. 결론

본 논문은 DBD(Dielectric Barrier Discharges) 대기압 플라즈마 소스의 특성을 조사했다. 입력 전원, 주파수가 증가할수록 감광제 제거율은 증가하였다.

그러나 실험결과 유량이 14 slm 기점으로 서서히 감광제 제거효율이 감소했다. 따라서 가스유량이 너무 많아지면 방전 공간의 유속분포가 비대칭적이 되어 스트리머가 한쪽으로 치우치는 등의 방전불안이 발생되었다. 전체적인 측정결과를 감광제 제거 효율 측면에서 보면 산소만 방전할때보다 아르곤을 첨가했을때 산소 라디칼이 증가하여 감광제 제거효율이 좋게 나타났다.

플라즈마 charging damage을 MIS 캐패시터 제작해서 C-V와 I-V의 특성을 비교한 결과 주파수 증가에 따라서 캐패시턴스 값은 기준 시편과 큰 차이가 없었지만 누설전류는 주파수가 증가함에 따라서 증가하는 특성을 보였다.

#### 감사의 글

본 논문은 2003년도 인하대학교 교내특성화연구비 지원과 집적형 광자기술연구센터(ERC)를 통한 KOSEF의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] J. Y. Jeong and R. F. Hicks, "An atmospheric pressure plasma source," J. Appl. Phys., Vol. 76, No. 3, p. 288-289, 2000.
- [2] Zoran Falkenstein, "Frequency dependence of photoresist ashing with dielectric barrier discharges in oxygen", J. Appl. Phys., Vol. 83, No. 10, p. 5065-5101, 1998.
- [3] S. M. Sze, "Physics of semiconductor devices", John Wiley and Son, Ch. 7 1981.
- [4] E. E. Kunhardt, "Generation of large-volume, atmospheric-pressure, non-equilibrium plasmas", IEEE Trans, Plasma sci. Vol. 28, No. 1, p.189-200, 2000.

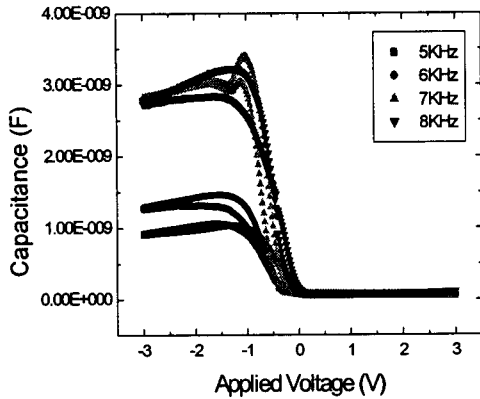


그림 7. 플라즈마 Ashing 후의 C-V 특성곡선

Accumulation 영역에서의 캐패시턴스의 값은 게이트 전압이 -2 V일때 기준 시료의 캐패시턴스 값은 3.46 nF 로 나타났고, 플라즈마 처리후 캐패시턴스 값은 5 KHz일때 1.03 nF, 6 KHz 일때 1.45 nF, 7 KHz일때 3.07 nF로 나타났다.

그림 8은 입력 전원 9 Kv에서 주파수를 변화시켰을때 누설전류는 게이트 전압 -2 V의 측정값이 5 KHz에서는  $1.8 \times 10^{-7} \text{A/cm}^2$ , 8 KHz에서는  $2.0 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ 로 Reference 시편의 누설전류  $5.8 \times 10^{-8} \text{A/cm}^2$ 보다 큰 차이를 보여주고 있고, 주파수가 증가함으로써 누설전류도 증가하는 경향을 나타냈다.

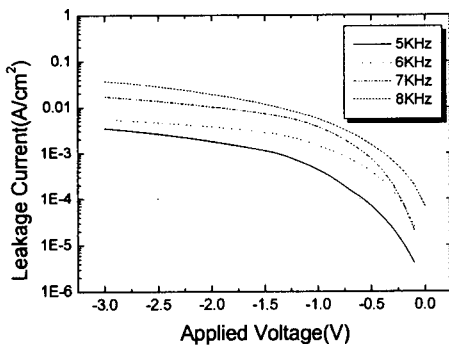


그림 8. 플라즈마 Ashing 후의 I-V 특성곡선.