

## Remote Plasma Etching of Photoresist Using Pin-To-Plate Dielectric Barrier Discharge

박재범<sup>1\*</sup>, 경세진<sup>1</sup>, 염근영<sup>1</sup>

(1) 성균관 대학교, 신소재 공학부 플라즈마 장치 및 공정기술 연구실

**초 록 :** DBD type을 이용한 remote plasma에서 발생된 대기압 플라즈마를 이용하여, PR에 대한 식각 실험을 진행하였다. 과거 습식 화학적 공정에서 오던 기술적 제한의 극복과 진공 플라즈마 가지는 단점을 극복하기 위해 대기압 플라즈마를 이용한 건식 세정에 관한 연구를 진행하였고, 이때 Gas는 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>+SF<sub>6</sub> 의 조합으로 사용하였으며, 각 gas의 유량에 따른 remote 플라즈마의 전기적, 광학적 특성에 대해 관찰하였다.

### 1. 서 론

많은 플라즈마 소스 중에서 DBD(Dielectric Barrier Discharge)는 대기압에서 안정된 플라즈마를 발생 시킬 수 있기 때문에 많은 연구자들에 의해 연구되어 지고 있다[1]. 그러나 DBD 내에서 생성된 플라즈마는 주위 환경의 영향에 의해 glow discharge에서 arc discharge로 전이되기 때문에 플라즈마와 substrate가 직접적으로 접촉하는 direct type의 DBD 장치의 경우 공정 시에 substrate에 쉽게 손상을 가할 수 있다. 하지만 remote type의 DBD를 이용하면 substrate가 플라즈마에 직접적으로 노출되지 않기 때문에 기존의 DBD가 가지는 단점들을 극복할 수 있다. 또한 최근 들어 메모리 소자의 직접화와 반도체 소자의 미세 패턴화에 따라 과거 습식 및 화학 공정은 기술적 제약에 부딪히게 되었다. 또한 진공 플라즈마 역시, 기관의 대면적화에 따른 생산 공정비용의 증가와 함께, 대면적 고밀도 플라즈마의 소스개발에 대한 연구가 활발해 지고 있다. 대기압 플라즈마의 경우 생산 공정비용이 저렴할 뿐만 아니라 습식 공정에 비해 친환경적인 성격을 가지고 있다. 또한 대면적화가 용이해, 앞으로의 건식 세정공정으로의 차세대 공정으로 주목받고 있다.

### 2. 본 론

#### 2.1 실험 방법

본 연구에서는 Pin to plate 형식의 전극을 이용한 DBD type의 Remote 대기압 플라즈마를 이용하여, PR(photo resist\_AZ 1512)를 식각하였다. Discharge system은 multi pin type인 powered 전극과 grounded 전극으로 구성되어 있으며, 공정은 30sec 동안 진행되었다. 그리고 각 전극은 dielectric barrier를 위해 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 300 μm의 두께로 각각 증착 하였다. Feeding gas로는 N<sub>2</sub>를 사용하였으며, 식각 gas로는 O<sub>2</sub>와 SF<sub>6</sub>를 사용하였다. N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>의 gas를 사용하여 PR을 식각 하였을 때와 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> gas에 SF<sub>6</sub>를 첨가하여 식각하였을 경우를 각각 비교하여 보았다. 또한 SF<sub>6</sub> gas의 유량 변화에 따른 PR의 식각비와 discharge current의 관계를 살펴봄으로서 SF<sub>6</sub> 첨가에 따른 플라즈마의 특성에 대해 살펴보았다. 또한 feeding gas의 유량에 따른 PR의 식각비와 이때 O radical 및 ion 들의 optical emission intensity를 관찰하여, 상호간의 관계에 대해서 연구 하였다. OES (Optical Emission Spectroscope)를 이용하여, N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>의 remote plasma에서의 광학적 특성을 분석 해 보았다. 또한 플라즈마의 전기적 특성을 관찰하기 위해

High Voltage probe 와, Oscilloscope를 사용하여 전기적인 특성을 관찰하였다.

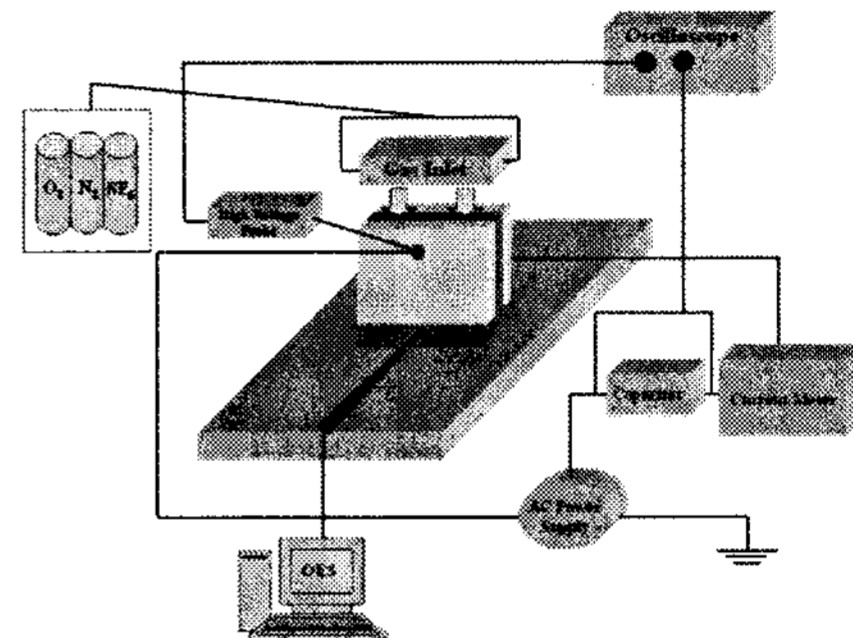


Fig. 1. Schematic diagram of atmospheric discharge system used in experiment

#### 2.2.1 SF<sub>6</sub> 첨가 효과

N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> gas 조합에 의해 발생된 대기압 플라즈마의 경우 N<sub>2</sub>의 경우 높은 breakdown voltage와 O<sub>2</sub> gas의 negative charged 성격으로 인해 쉽게 glow discharge에서 filamentary discharge로 그리고 arc discharge로 전이되게 된다[2]. 하지만 SF<sub>6</sub> gas의 첨가로 인한 penning effect에 의해 좀더 안정적이고 공정에 효율적인 glow discharge를 발생 시키게 된다. N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>의 remote plasma를 사용하여 PR을 식각하였을 시는 206.2 nm/min의 식각비를 구할 수 있었지만 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>+SF<sub>6</sub>의 gag 조합을 remote plasma를 이용해 PR을 식각할 경우 848 nm/min의 식각비로 SF<sub>6</sub>를 첨가하지 않았을 때 보다 대략 4배 정도 좋은 식각비를 구해 낼 수 있었다. 또한 Q-V Lissajou graph를 통해 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>의 플라즈마와 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>+SF<sub>6</sub>의 플라즈마의 전기적인 특성을 비교하였다.

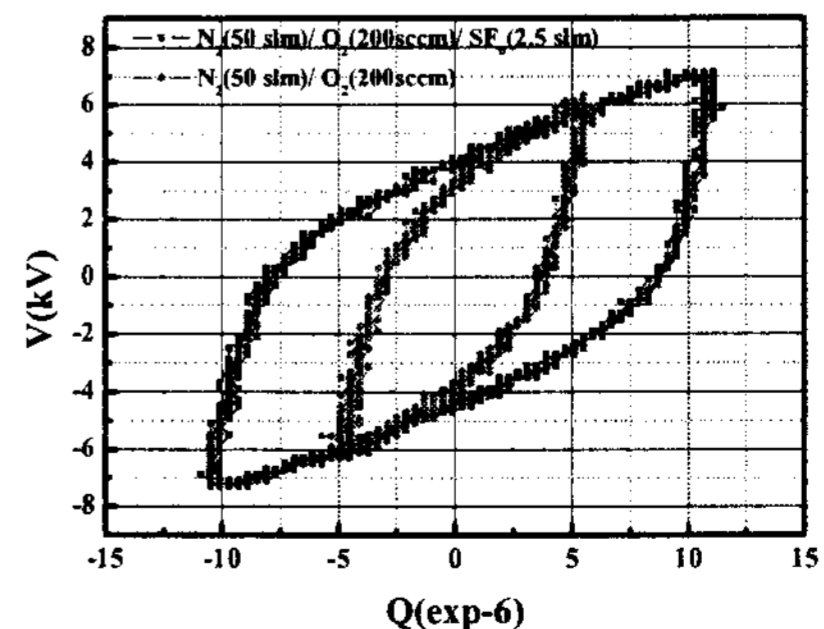


Fig. 2 Q-V Lissajou curves of the discharges for the gas mixtures of N<sub>2</sub>(50 slm)/O<sub>2</sub>(200 sccm) and N<sub>2</sub>(50 slm)/O<sub>2</sub>(200 sccm)/SF<sub>6</sub>(2.5slm)

### 2.2.2 SF<sub>6</sub> 유량 변화에 따른 식각비와 discharge current의 변화

N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>+SF<sub>6</sub>의 플라즈마에서 SF<sub>6</sub>의 유량 변화에 따라 PR의 식각비의 변화와 discharge current의 관계에 대해서 알아 보았다. SF<sub>6</sub>가 0-5 slm 사이에서 변화시킬 때 discharge current와 식각비는 점점 증가하다, 3 slm에서 가장 큰 식각비와 discharge current 값을 보이고 그 이후의 유량에서는 감소하는 경향을 보였다. SF<sub>6</sub> 첨가에 따른 pennig effect로 인한 ionization의 증가에 따라 PR의 etchant 인 O radical 및 이온의 증가에 의해 PR의 식각비가 증가하다, SF<sub>6</sub>의 유량이 3 slm 이상일 경우에는 ionization과 recombination의 비율이 비슷해짐에 따라 식각비와 discharge current는 일정한 값을 가지게 된다.

### 2.2.3 Feeding gas의 유량 변화에 따른 식각비 변화와 O radical의 Optical emission intensity의 변화 관찰

Remote 플라즈마의 특성상 Feeding gas의 유량의 변화에 따라 기판에 유도되는 radical 및 ion의 density가 틀려지게 되고, 이에 따라 PR의 식각비가 틀려지게 된다. 그리하여 이 실험에서는 O radical 및 이온의 optical emission intensity에 변화에 따른 PR의 식각비에 대해 관찰 하였다. Feeding gas인 N<sub>2</sub> gas의 유량이 증가함에 따라 많은 O radical들이 기판으로 유도되게 되고 그로 인해 PR의 식각비가 점점 증가하다 N<sub>2</sub> gas 유량이 70 slm 일 때 1.8 μm/min의 식각비를 얻어 낼 수 있었다. 또한 O radical의 optical emission intensity의 경우 역시 N<sub>2</sub> gas의 유량이 증가함에 따라 같이 증가함을 관찰 할 수 있었다.

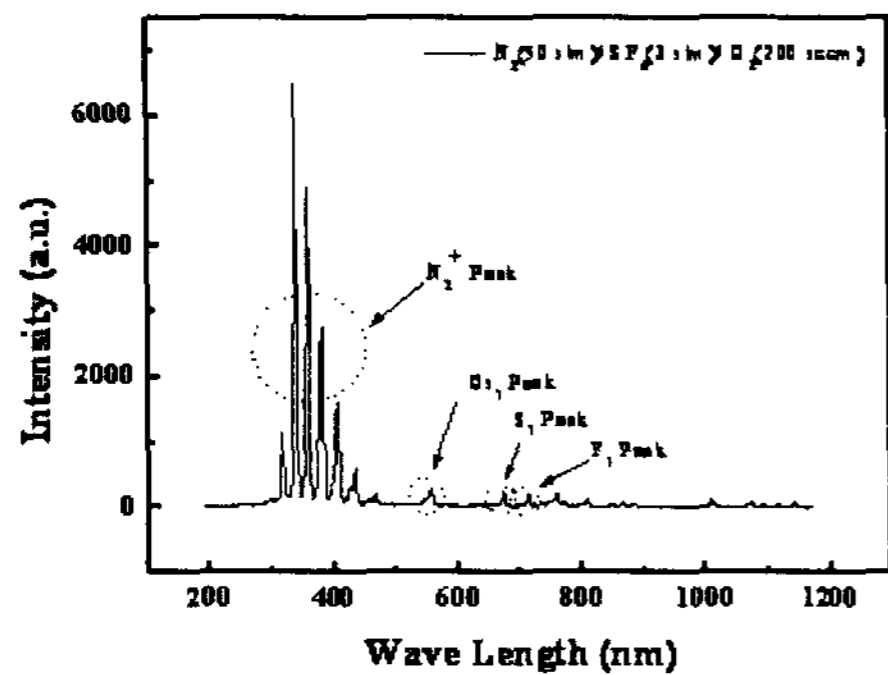


Fig. 3 Optical emission spectra of an atmospheric pressure plasma with gas combination N<sub>2</sub> (70 slm)/SF<sub>6</sub> (3 slm) + O<sub>2</sub> (200 sccm)

## 3. 결 론

Remote type의 대기압 플라즈마를 이용하여 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>에 SF<sub>6</sub>를 첨가하여 식각실험을 진행한 결과 1.8 μm/min 식각 속도를 얻을 수 있었으며, 이는 N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> gas 만을 사용하여 식각한 경우의 0.2 μm/min보다 약 10배정도 증가함을 관찰 할 수 있었다. 또한 SF<sub>6</sub>의 첨가에 따라 일정 유량까지는 discharge current의 증가와 함께 식각비 역시 증가함을 알 수 있었다. 그리고 feeding gas N<sub>2</sub>의 유량 증가에 따라, PR의 식각비 역시 증가함을 관찰할 수 있었는데, 이는 remote plasma의 특성에 의해 많은 양의 Oxygen radical 및 이온들이 N<sub>2</sub>의 유량 증가에 의해 substrate 쪽으로 유도가 되었다는 것을 OES를 통해 관찰할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1]. F.Massines, A. Rabehi, Ph. Decomps, R. Gadri, P. Segur, and Ch. Mayoux, J. Appl. Phys. 83, 2950(1998)
- [2] E.E. Kunhardt, IEEE transactions on plasma science, 28 (1) 2000