

그물방전극 형상과 방전공격이 오존발생에 미치는 영향

°박승록*, 이재찬*, 문재덕*, 정성진**
 경북대학교 전자전기공학부*, 유니셈주식회사**

Influences of Mesh Shapes and Interspacings on Ozone Generation Characteristics

°Seung-Lok Park*, Jae-Chan Lee*, Jae-Duk Moon*, Sung-Jin Jung**
 Dept. of Electrical Engg., Graduate School, Kyungpook National University*, UNISEM Co., Ltd.,**

Abstract - Ozone has been widely applied to many industrial fields because of its strong oxidation effects. Therefore, the studies have been progressed for the effective and high concentration ozone generation. The silent or surface discharge have been mainly used for high concentration ozone generation until now. But these two types of ozone generators have shortcomings to be improved. In this study, the ozone generator which improved the shortcomings of above two type of ozone generators was proposed and manufactured for high concentration ozone generation. And the proposed ozone generator could generate the surface and barrier discharge simultaneously. For this purpose, a mesh type discharge electrodes were proposed and the experiments were fulfilled as a function of the widths and spacings of mesh electrodes and gap spacings between the dielectric barrier and mesh electrode. When the width of mesh electrode[WM] and spacing of mesh electrode[SM] are 0.3[mm] and 0.8[mm] respectively, the maximum ozone concentration of 2.96[vol%] was obtained at 5.6[kV], 830[mA], gap spacing(S)=0.65[mm].

1. 서 론

오존(O₃)은 강력한 산화력을 가지고 있어서 근래들어 여러 산업계에 광범위하게 응용되고 있다. 따라서 고효율, 고농도의 오존발생장치의 요구와 새로운 영역으로의 오존의 응용과 적용연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있는 실정이다.[1-4]

지금까지 주로 연구되어 왔던 고농도 오존발생방법은 무성방전[5]과 연면방전[6]에 의한 오존발생방법이다. 무성방전형 오존발생장치는 1857년 독일의 Siemens에 의해 처음 고안된 오존발생장치로서 방전공간사이에 유전체 장벽을 설치하여 방전이 아-크로 진전하지 않고 단시간에 정지하도록 함으로써 효과적인 방전을 얻을 수 있도록 한 장치이다. 또한 제작의 용이성과 저가격화가 가능하여 현재에도 널리 사용되고 있다. 그러나 무성방전형 오존발생장치는 발생된 오존을 효과적으로 원활히 방전공간에서 방출시키지 않으면 방전공간을 지나면서 오존이 분해되어 버리는 단점이 있다. 한편, 연면방전형 오존발생장치는 일본의 S. Masuda 박사에 의해 처음 제안된 오존발생장치로 선피형의 방전전극을 설치된 유전체 장벽위에 공격없이 바로 설치함으로써 전극의 연면에서 발생하는 방전을 이용한 장치이다. 연면방전형 오존발생장치는 발생된 오존이 방전공간으로부터 원활히 방출됨으로써 고농도의 오존발생이 가능하고 장치의 냉각이 용이한 이점이 있지만 제조가격이 비싼 단점이 있다.

본 실험에서는 무성방전과 연면방전을 동시에 발생시킬 수 있고 제조가 용이한 동시에 저가격화가 가능한 그물(mesh) 형태의 방전전극을 제안하였다. 이때 사용되는

그물(mesh)는금의 연면길이를 이용하면서 방전간격을 적절히 설정하여 그물(mesh)전극과 유전체장벽사이의 중첩방전을 발생시키고 생성된 오존을 방전공간으로부터 원활히 방출시킴으로써 효율적인 오존을 생성할 수 있게 하였다. 이때 사용되는 그물(mesh)전극의 눈금과 전극 폭 및 방전공격은 오존발생의 중요한 변수로 작용하게 된다. 따라서, 본 실험에서는 고농도의 오존을 효율적으로 발생시키기 위해 설정한 3가지 변수 즉, 그물전극의 눈금과 폭 및 방전공격을 적절히 조합함으로써 고농도의 오존을 발생시키는 물론 최적의 오존발생조건을 찾고자 하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

그림 1은 본 실험에 사용된 중첩형 오존발생실험장치의 개략도를 나타낸 것으로 구형과 고전압을 공급할 수 있는 전원장치(HV source), 오존발생기에서 발생하는 열을 냉각하기 위한 냉각장치(Chiller), 오존발생기내에 산소를 공급할 수 있는 산소공급 펌프(Oxygen Bombe), 발생된 오존량을 측정하기 위한 오존모니터(Ozone monitor), 및 고농도 오존발생을 위한 오존발생기(Ozone Generator)로 구성되어 있다.

그림 2는 오존발생기의 개략도와 그물(mesh)전극을 나타낸 것으로 오존발생기의 냉각과 접지전극으로 사용된 알루미늄냉각판(Al cooling plate), 방전전극으로 사용된 그물형 전극(mesh electrode), 그 내부에 장벽으로 사용된 세라믹판(Dielectric barrier)으로 구성되어 있다. 방전전극으로는 무성방전과 연면방전을 동시에 이용할 수 있는 그물(mesh)(SUS 316L, 0.2[mm], 60×88[mm²])전극을 사용하였고, 유전체장벽으로는 세라믹판(Al₂O₃ : 96[%], 1[mm], 84×112[mm²])을 사용하였다. 이때 방전전극으로 사용된 그물(mesh)전극의 그물눈금(SM)을 0.5, 0.8, 1.0, 1.5[mm]로 전극폭(WM)을 0.3, 0.5[mm]로 변화시키면 실험하였다. 접지전극으로는 알루미늄판 (10[mm], 180×250[mm²])을 사용하였으며, 이 알루미늄판에 깊이 5[mm]의 홈을 파서 냉각수를 흘릴 수 있도록 함으로써 방전시에 발생된 열을 흡수할 수 있게 하였다.

유전체장벽으로 사용된 세라믹판과 접지전극사이의 긴밀한 접촉을 위해 대출력 반도체소자의 방열재료로 사용되는 실리콘 화합물(FORMSEAL NOVAGARD)을 사용하였다. 고전압 전원장치는 주파수와 시비율(duty ratio)조절이 가능한 구형과 인버터의 출력전압을 고주파 고전압 변압기를 사용하여 승압함으로써 출력 최대 전압은 6[kV], 최대 전류는 500[mA]의 구형과 전원을 사용하였다.

전압 및 전류는 고주파 고전압 프로브(Tektronix, P6015A)와 디지털오실로스코프(Tektronix, TDS360A)로 측정하였으며, 전류프로브(Tektronix, AM 503B)를 사용하여 방전전류를 측정하였다.

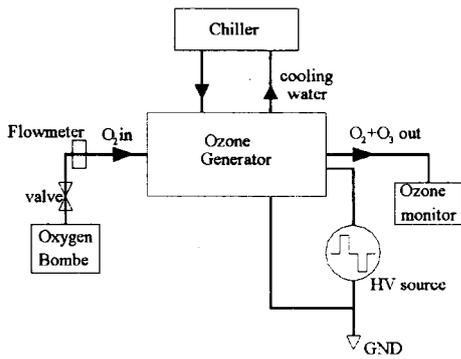
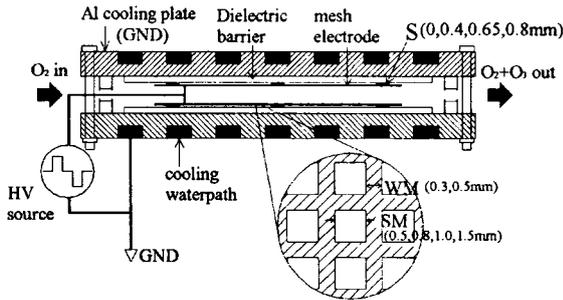


Fig.1 실험장치의 개략도



S : gap spacing
 WM : width of mesh electrode
 SM : spacing of mesh electrode

Fig.2 오존발생기의 개략도

발생된 오존은 오존모니터(Dasibi, Model DY-1500)를 사용하여 측정하였다. 인입기체로는 공업용 산소(순도95%)를 유량 2[LPM]으로 고정하여 사용하였다. 오존발생기의 냉각을 위해서 상온의 수도수를 냉각장치(Accurate Gas Control system Inc. Model AG-T, USA)를 사용하여 5 [°C]로 냉각한 뒤 유속 3[LPM]으로 흘려서 접지된 알루미늄판으로 공급하였다. 이때, 인입 산소의 운송도는 특별히 조절하지 않았다.

2.2 실험결과 및 고찰

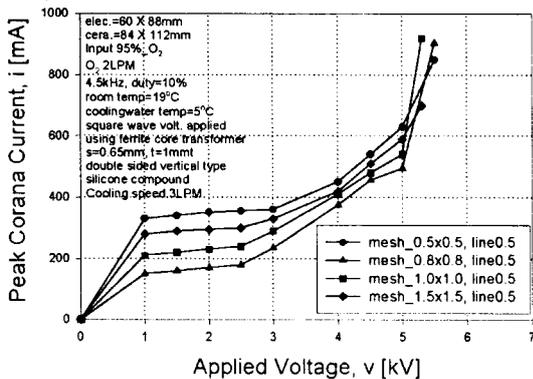


Fig.3 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성
 방전공격(S)=0.0mm, 전극폭(WM)=0.5mm)

그림 3과 4는 방전공격(S)=0.0[mm], 전극폭(WM)을 0.5[mm]로 했을 경우의 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성과 오존발생특성을 보여주고 있다. 이때 전극폭(WM)

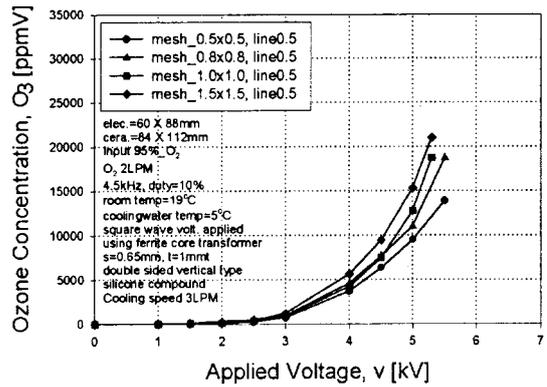


Fig.4 그물눈금(SM)에 따른 오존발생 특성
 (방전공격(S)=0.0mm, 전극폭(WM)=0.5mm)

이 0.5[mm]로 고정되었을 경우 오존발생특성은 그물눈금 하나의 길이가 긴 순서 즉, 그물눈금(SM)이 1.5, 1.0, 0.8, 0.5[mm]의 순으로 오존발생량이 많았다. 이러한 현상은 방전공격(S)이 0.0[mm] 경우에는 연면방전의 형태를 띄게 되고 그물눈금(SM) 하나의 길이가 증가할수록 오존발생 특성이 향상됨을 보여주기 때문으로 사료된다.

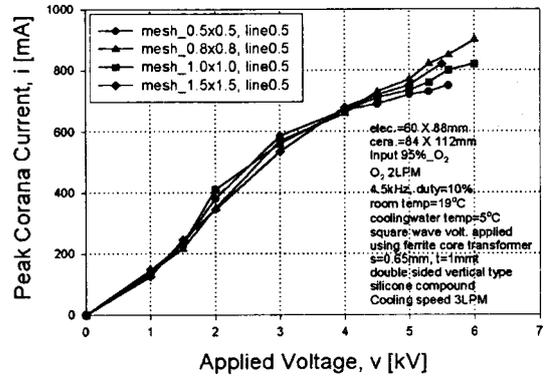


Fig.5 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성
 (방전공격(S)=0.4mm, 전극폭(WM)=0.5mm)

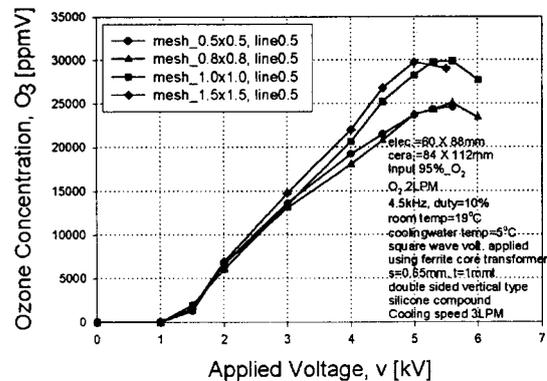


Fig.6 그물눈금(SM)에 따른 오존발생 특성
 (방전공격(S)=0.4mm, 전극폭(WM)=0.5mm)

그림 5와 6은 방전공격(S)을 0.4[mm], 전극폭(WM)을 0.5[mm]로 했을 경우의 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성과 오존발생특성을 보여주고 있다.

방전은 인가전압 약 1[kV]에서 개시되었으며, 오존발생 특성은 인가전압 2[kV]~4.5[kV]까지는 급격히 증가하다가 5[kV]이후에서는 점차 포화되는 경향을 보이고 있다. 특히 그물눈금(SM)이 1.0[mm]인 경우 인가전압 5.3[kV]에서 2.93[vol%]의 오존이 발생하였고, 그물눈금(SM)이

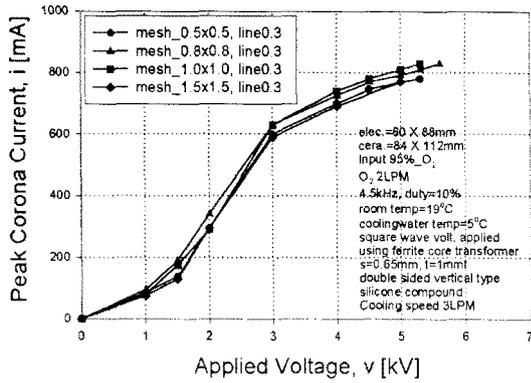


Fig.7 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성 (방전공격(S)=0.65mm, 전극폭(WM)=0.3mm)

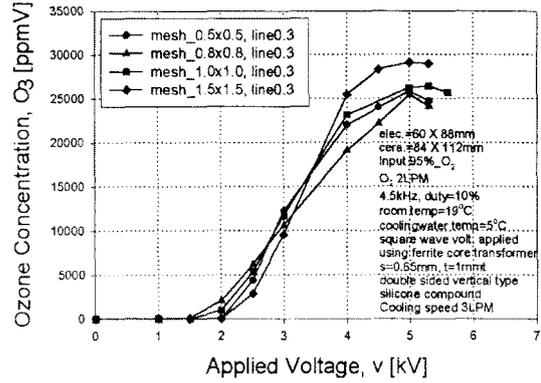


Fig.10 그물눈금(SM)에 따른 오존발생특성 (방전공격(S)=0.8mm, 전극폭(WM)=0.3mm)

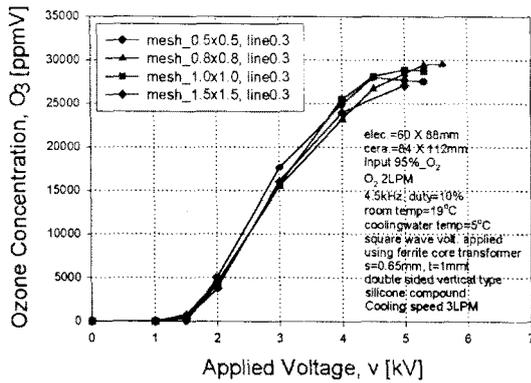


Fig.8 그물눈금(SM)에 따른 오존발생특성 (방전공격(S)=0.65mm, 전극폭(WM)=0.3mm)

1.5[mm]인 경우 인가전압 5[kV]에서 2.89[vol%]의 오존이 발생하였다. 이에 비해, 그물눈금(SM)이 0.8[mm]인 경우 5.6[kV]에서 2.50[vol%]의 오존이 발생하였고, 그물눈금(SM)이 0.5[mm]인 경우 5.3[kV]에서 2.49[vol%]의 오존이 발생하였다.

이것은 방전공격(S)이 0.4[mm]일 경우 그물눈금(SM)이 1.0[mm]로 클 때에는 발생한 오존이 방전공간을 빨리 빠져나와 열에 의한 분해가 적은 반면, 그물눈금 작을 때에는 상대적으로 방전공간에서의 열에 의한 분해가 많기 때문에 오존발생량의 차이가 생기는 것으로 사료된다.

그림 7과 8은 방전공격(S)=0.65[mm], 전극폭(WM)을 0.3[mm]로 했을 경우의 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성과 오존발생특성을 보여주고 있다.

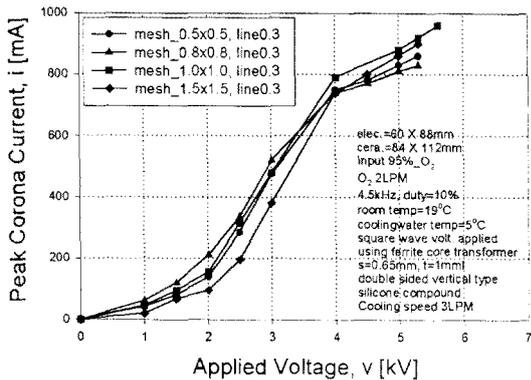


Fig.9 그물눈금(SM)에 따른 전류-전압 특성 (방전공격(S)=0.8mm, 전극폭(WM)=0.3mm)

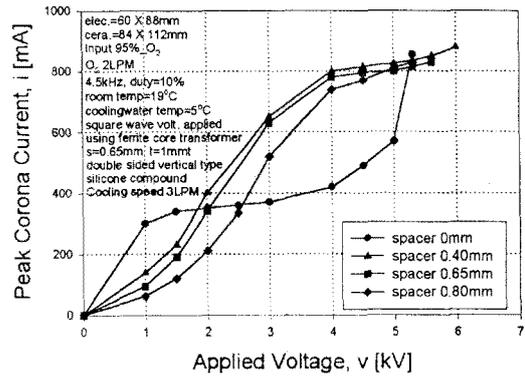


Fig.11 방전공격(S)에 따른 전류-전압 특성 (전극폭(WM)=0.3mm, 그물눈금(SM)=0.8mm)

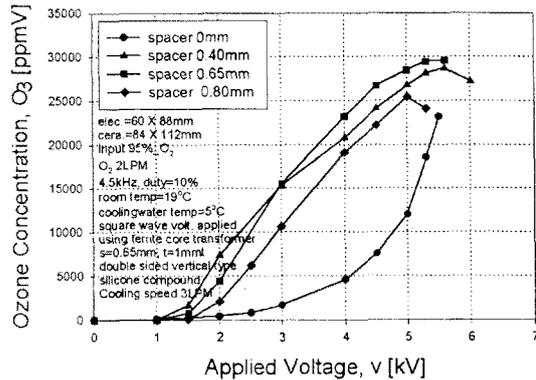


Fig.12 방전공격(S)에 따른 오존발생특성 (전극폭(WM)=0.3mm, 그물눈금(SM)=0.8mm)

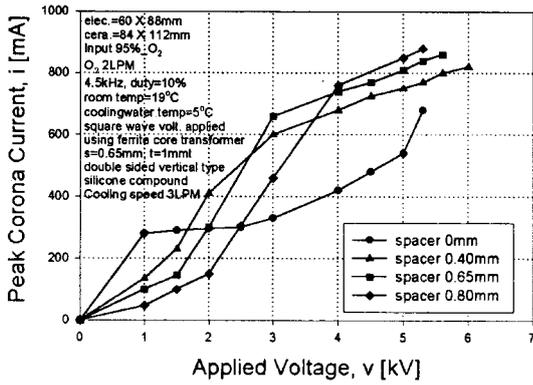


Fig.13 방전공격(S)에 따른 전류-전압 특성 (전극폭(WM)=0.5mm, 그물눈금(SM)=1.0mm)

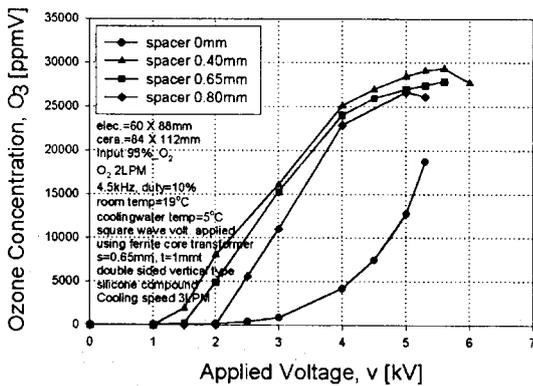


Fig.14 방전공격(S)에 따른 오존발생특성 (전극폭(WM)=0.5mm, 그물눈금(SM)=1.0mm)

그림 11과 12는 전극폭(WM)=0.3[mm], 그물눈금(SM)=0.8[mm]로 했을 경우의 방전공격(S)에 따른 전류-전압특성과 오존발생특성을 보여주고 있다. 방전공격(S)이 0.0[mm]인 경우는 0.4 ~ 0.8[mm]인 경우에 비해 다른 전류-전압특성을 보여주는데, 이것은 방전공격(S)이 0.0[mm]인 경우에는 연면방전의 특성을 방전공격(S)이 0.4 ~ 0.8[mm]인 경우에는 무성방전의 특성을 보여주기 때문으로 사료된다.

즉, 방전공격(S)이 0.0[mm]인 경우 방전개시는 인가전압 약 1.5[kV]에서 시작되어서 전압이 증가함에 따라 안정된 특성을 보여주는 반면, 방전공격(S)이 0.4 ~ 0.8[mm]인 경우에는 인가전압 약 1[kV]에서부터 급격한 전류의 증가를 보여주고 있다. 오존발생특성 역시 방전공격(S)이 0.0[mm]인 경우에는 인가전압 약 1.5[kV]에서 시작되어서 전압이 증가함에 따라 안정된 특성을 보여주는 반면, 방전공격(S)이 0.4 ~ 0.8[mm]인 경우에는 인가전압 약 1[kV]에서부터 시작되어 급격한 증가를 보여주고 있다. 이때, 방전공격(S)이 0.4, 0.65[mm]인 경우 5.6[kV]에서 각각 2.87[vol%], 2.96[vol%]의 오존발생량을 보여주었고, 방전공격(S)이 0, 0.80[mm]인 경우 다른 두 경우에 비해 오존발생량이 많지 않았다.

그림 13과 14는 전극폭(WM)=0.3[mm], 그물눈금(SM)=0.8[mm]로 했을 경우의 방전공격(S)변화에 따른 전류-전압특성과 오존발생특성을 보여주고 있다. 전류-전압특성은 그림 11의 경우와 유사한 특성을 보였으며, 오존발생특성은 방전공격(S)이 0.4[mm]인 경우 인가전압 5.6[kV]에서 2.93[vol%]의 오존발생량을 보여주었다. 방전공격(S)이 0.65, 0.80[mm]인 경우는 방전공격(S)이 0.4[mm]인 경우에 비해 오존발생량이 많지 않았다.

3. 결론

본 실험에서는 방전전극의 형상을 그물형(mesh type)으로 설정함으로써 연면방전과 무성방전을 중첩시켜 발생할 수 있게 함은 물론 오존이 발생되는 좁은 공간으로부터의 고농도의 오존과 열이 외측으로 즉시 방출될 수 있게 함으로서 고농도의 오존을 얻을 수 있는 가능성을 검토하였다. 즉, 그물전극의 전극폭과 그물눈금과 방전공격이 오존발생에 미치는 영향을 실험적으로 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 연면방전의 형태를 가지는 방전공격(S)=0.0[mm], 전극폭(WM)=0.5[mm]인 경우 그물눈금 하나의 길이가 가장 긴 그물눈금(SM)=1.5[mm]일 때 인가전압 5.3[kV], 방전전류 670[mA]에서, 2.03[vol%]의 오존을 발생시켰다.

(2) 연면방전과 무성방전의 혼합된 형태를 가지는 경우에는 방전공격(S)=0.65[mm], 전극폭(WM)=0.3[mm], 그물눈금(SM)=0.8[mm]일 때 인가전압 5.6[kV], 방전전류 830[mA]에서, 2.96[vol%]로써 가장 많은 오존발생량을 얻을 수 있었다.

(3) 연면방전만을 이용할 경우(S=0.0[mm]) 최대오존발생량 2.03[vol%]보다 연면방전과 무성방전을 공용한 경우(S=0.4~0.8[mm]) 최대오존발생량 2.96[vol%]으로 더 많은 오존발생량을 얻을 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] 池畑昭, "오존의 환경오염への應用", 日本靜電氣學會誌, 7, 3, 167-175, 1983
- [2] Y. NOMOTO, Toshikazu OHKUBO and T. ADACHI, "Improvement in Ozone Generation efficiency in a Parallel Plate Ozonizer with a Rotating Plate Electrode", 日本靜電氣學會誌, 13, 4, 308-313, 1989
- [3] Hitachi UV/ozone asher, UA-5200, HITACHI, JAPAN and Fusion 200AC-II Asher System, Fusion Semiconductor Systems, USA
- [4] Kayoko Omiya and Yoshinori Kataoka, "Effect of Gas Addition on Ozone Ashing", J. Electrochem. Soc., vol. 145, no.12 December, 1998
- [5] B.Eliasson, U.Kogelschatz and M.hirth : Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier and discharges, J. Appl. Phys. 20, 1421-1437, 1987
- [6] S.Masuda, K.Akutsu, M.Kuroda, Y.Awatsu, and Y.Shibuya, "A ceramic based ozonizer using high-frequency discharge", IEEE Ind. Appl., vol A-24, no. 2, pp 223-231, Mar./Apr. 1988