

다중방전형 오존발생기의 방전 및 오존생성특성

진병준\*, 문경수, 송현직, 김금영○, 이광식  
 영남대학교 전기전자공학부, 포항 1대학 전기과○

Discharge and Ozone Characteristics of  
 Multi Discharge Type Ozonizer

Byung-Joon Chun\*, Kyung-Su Mun, Hyun-Gik Song, Keum-Yeung Kim○, Kwang-Sik Lee  
 School of Electrical & Electronic Engineering of Yeungnam University, Electricity of Pohang 1 College○

**Abstract** - In this paper, multi discharge type ozonizer has been designed and manufactured. The ozonizer is equipped with three electrodes(central electrode of screw shape, internal electrode and external electrode). This paper describes the following two characteristics: ① The characteristics of discharge with variation of output voltage of AC H.V source, flow rate of oxygen supplied gas and discharge voltage. ② The characteristics of ozone generation by varying flow rate and discharge power.

1. 서 론

오존은 자연계에서 불소(F) 다음으로 강력한 산화력을 가지고 있는 동시에 최종적으로 산소(O<sub>2</sub>)로 환원되기 때문에 인체에 무해하다. 오존의 이러한 성질 때문에 현재 대기환경 개선용에서부터 수질 오염물질의 제거, 탁도의 개선, 표백, 탈취, 식품의 보존 및 의료용에 이르기 까지 여러 방면에서 그 활용도가 날로 증가하고 있는 추세이다.

이러한 오존을 발생시키는 방법으로는 이제까지 알려진 바와 같이 무성방전형 오존발생기가 수율면, 제작의 편의성 등의 이유로 가장 많이 사용되고 있다.

그러나 실용상의 무성방전형 오존발생기는 수율이 낮기 때문에 본 연구에서는 통상의 무성방전형 오존발생기를 개량하여 동일한 방전공간 내에 무성방전과 연면방전을 동시에 발생시켜 중첩시키므로 인하여 오존생성수율의 향상으로 도모하고자 한다.

따라서 본 연구에서 설계, 제작된 다중 방전형 오존발생기(Multi Discharge Type Ozonizer, 이하 MDO)는 중심전극(Central Electrode, 이하 CE)과 내부전극(Internal Electrode, 이하 IE) 및 외부전극(External Electrode, 이하 EE)의 3개의 전극을 장착하여, 공통접지전극에 따라 CIMDO형(EE 공통접지), CEMDO형(IE 공통접지) 및 IEMDO형(CE 공통접지)의 세 가지 형태의 MDO로 구성되어있다.

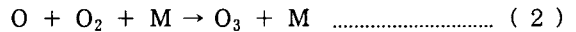
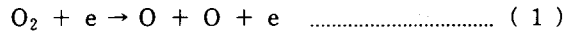
여기에서 공통접지전극을 제외한 나머지 두개의 전극에 180[°]의 위상차를 가진 역극성의 교류고전압을 각각 인가하여 각 MDO의 방전공간 내부에서 무성방전과 연면방전이 중첩 발생될 때 MDO의 종류에 따른 방전특성 및 오존생성특성(오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율)을 연구, 검토하였다.

2. 관 련 이 론

종래의 무성방전형 오존발생기의 경우 1주기 내에 방전기간과 비방전기간(방전휴지기간)이 각각 2회씩 존재하기 때문에 방전휴지기간에서의 오존분해반응이 전체적인 오존생성농도의 저하에 큰 영향을 미쳤다. 따라서 본 논문에서는 무성방전형 오존발생기보다 방전휴지기간을 단축시킴으로써 식(1) 및 (2)와 같은 오존생성반응을 활성화시켜 오존생성특성의 향상을 기하고자 동일

한 방전공간 내에서 무성방전과 연면방전을 중첩시킨 다중 방전형 오존발생기를 고안·제작하였다. 무성방전의 중첩을 이용한 오존발생기는 접지전극을 제외한 두 전극에 180[°]의 위상차를 가진 正負의 교류고전압을 동시에 인가할 경우, 그림 1과 같이 접지전극과 두 전극 사이에서 발생한 무성방전과 연면방전이 중첩되어, 正負의 전류가 한 주기 내에 중첩되어 흐르게 되므로 방전의 효율을 높일 수 있는 구조이다.<sup>[1],[2]</sup>

이때 원료가스가 산소인 경우, 오존발생기의 주된 오존생성 및 분해반응은 다음과 같다.<sup>[3],[4]</sup>



M : 제 3 물체 (O, O<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>)

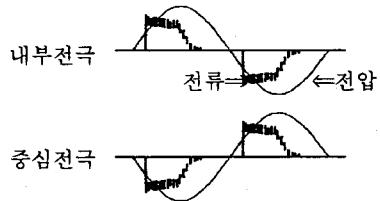


그림 1. 중첩방전시의 전압·전류 파형

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

본 연구에서 설계·제작된 MDO는 내구성 및 무성방전의 활성화를 위하여 중심전극을 pitch 1[mm], 첨예도 60[°]의 나선형으로 가공하여 사용하므로써 오존생성특성을 향상시킬 수 있는 구조이다.<sup>[5]</sup>

그림 2는 본 연구에서 설계·제작된 MDO의 개략도를 나타낸 것이다. 나선형 CE(SUS 304)와 두께 1[mm]의 스테인레스 강선을 pitch 5[mm]로 pyrex 재질의 외부 유전체 내측면에 나선형으로 감아서 제작된 IE 그리고 pyrex 재질의 외부 유전체 표면에 동박(銅薄)을 감은 EE의 2중 원통형 구조로 제작하였다.

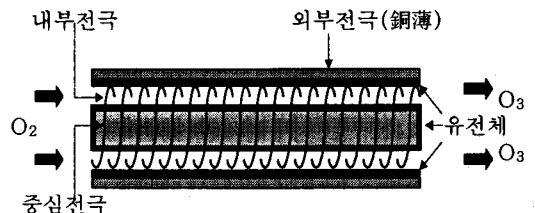


그림 2. MDO의 개략도

또한 그림 3은 다중 방전형 오존발생장치의 배치도를

나타낸 것이다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선 도로써 원료 가스 공급장치 및 계측장치들을 통과하는 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다.

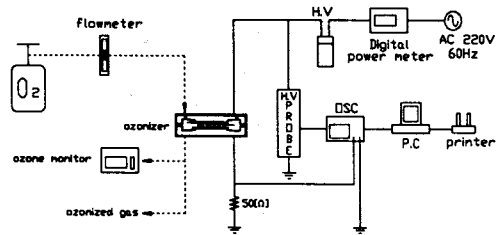


그림 3. 다중 방전형 오존발생장치의 배치도

### 3.2 실험방법

다중 방전형 오존발생기의 방전특성을 연구 검토하기 위해 원료가스의 유량(  $Q=2, 4, 6, 8$  및  $10$  [l/min] ), 전원장치의 출력전압(  $V_2$  )의 변화에 따른 방전전압(  $V_d$  ), 방전전류(  $I_d$  )를 측정하였고, digital power meter를 이용하여 MDO의 방전전력(  $W_d$  )을 측정하였다. 또한 유량(  $Q$  ) 및  $W_d$ 의 변화에 따른 오존생성농도(  $O_{3con}$  )를 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor로 측정한 후, 오존발생량(  $O_{3g}$  ) 및 오존생성수율(  $O_{3Y}$  )을 계산하였다.

## 4. 실험결과 및 검토

### 4.1 MDO의 방전특성

그림 4는 CIMDO형에서  $Q$ 가 2, 4, 6, 8 및  $10$  [l/min]인 경우의  $V_2$  변화에 따른 방전전압(  $V_d$  ) 및 방전전류(  $I_d$  )를 측정한 것이다.

그림에서  $V_2$ 가 높아질수록 방전 전력밀도가 증가함에 따라  $V_d$  및  $I_d$ 는 증가하였고, 동일한  $V_2$ 에서  $Q$ 가 증가할수록  $V_d$ 는 거의 일정하였으나,  $I_d$ 는  $Q$ 에 의한 원료 가스의 소화능력이 증대됨에 따라 감소하는 경향을 보였다.

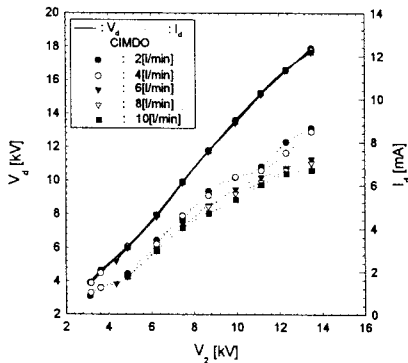
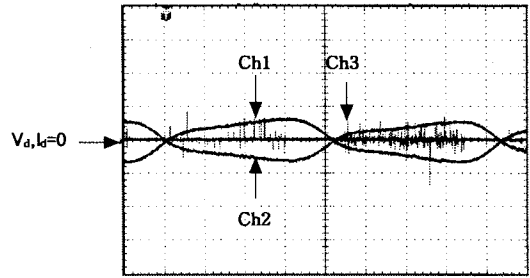


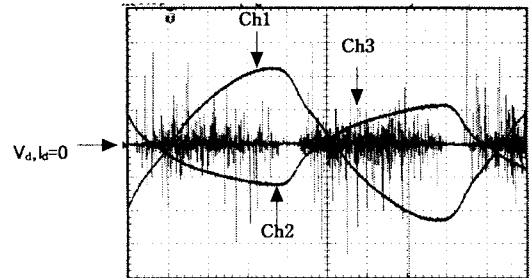
그림 4. CIMDO의  $V_2 - V_d, I_d$  특성

그림 5는  $Q$ 가 2 [l/min]인 경우, CIMDO의  $V_d$  및  $I_d$ 의 파형을 측정한 것이다. 그림에서 CH1은 CE의 전압 파형이고, CH2는 IE의 파형을 나타낸 것이다. CH1의  $V_d$ 가 CH2의 그것보다 높은 것은 CE-EE의 gap이 CE-IE의 gap 보다 큼에 따라서 상대적으로 절연내력이 상승한 결과이며, 접지전극인 EE의 파형을 나타낸 CH3의  $I_d$ 의 파형은 방전을 중첩시킴으로 인해 正負의 전류가 正負의 최대치에 도달할 때까지 펄스형태로 중첩되어 나타

남을 알 수 있었다. 또한, 인가전압이  $180^\circ$ 의 위상차를 가지고 있기 때문에 방전이 중첩되어 단독 무성방전형인 경우보다 방전휴지기간이 짧아짐을 알 수 있다.



( a )  $V_d=6.08$ [kV],  $I_d=1.89$ [mA]



Ch1 : 10[kV/div], Ch2 : 4[kV/div], Ch3 : 40[mA/div]

Ch1, Ch2, Ch3 : 2[ms/div]

( b )  $V_d=17.91$ [kV],  $I_d=8.64$ [mA]

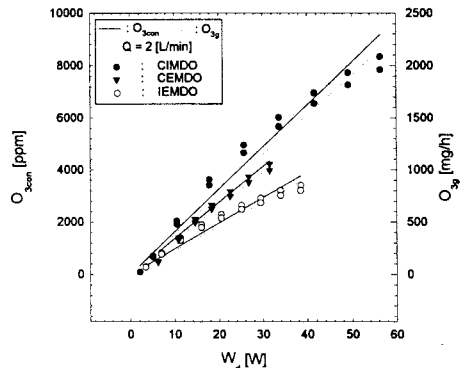
그림 5. CIMDO의  $V_d$  와  $I_d$  파형 (  $Q=2$  [l/min] )

### 4.2 MDO의 오존생성특성

#### 4.2.1 오존생성농도 및 오존생성량 특성

그림 6은  $Q$ 가 2 및  $10$  [l/min]일 때, 각 MDO의  $W_d - O_{3con}, O_{3g}$  특성을 나타내었다. 각 MDO에서  $W_d$ 가 상승할수록 입력에너지가 증가함에 따라  $O_{3con}$  및  $O_{3g}$ 가 증가하였고, 동일한  $W_d$ 에서  $O_{3con}$ 은  $Q$ 가 감소할수록 산소분자와 전자와의 충돌확률이 상승함에 따라 증가하고,  $O_{3con}$  및  $Q$ 에 비례하는  $O_{3g}$ 는  $Q$ 가 증가할수록 입력유량이 증가함에 따라 상승하는 경향을 나타내었다.

이에  $O_{3con}$  및  $O_{3g}$ 는 CIMDO > CEMDO > IEMDO의 순으로 나타났다.



( a )  $Q = 2$  [l/min]

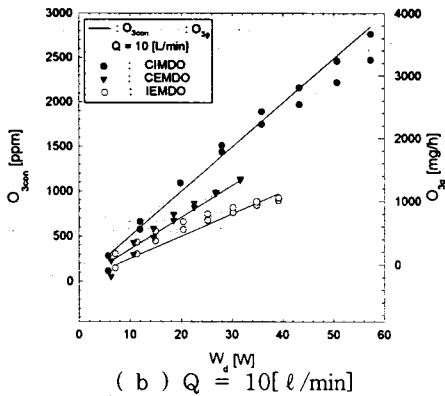
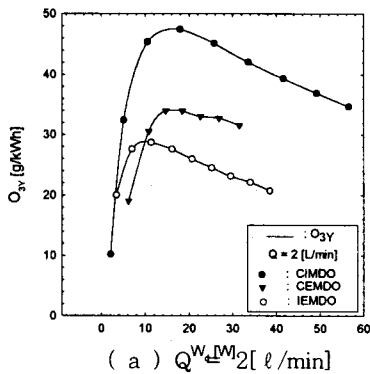


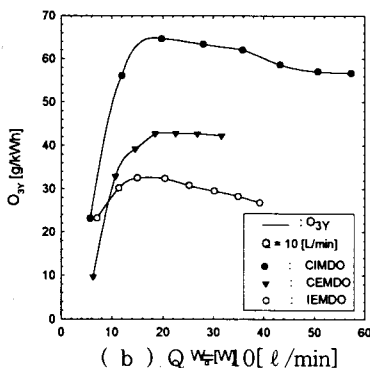
그림 6. MDO를 매개변수로 한  $W_d - O_{3con}, O_{3g}$  특성

#### 4.2.2 오존생성수율 특성

그림 7은  $Q$ 가 2 및 10[l/min]인 경우, MDO를 매개변수로 한  $W_d - O_{3Y}$ 의 특성을 나타내었다. 각 MDO에서  $O_{3Y}$ 는 방전전력이 증가함에 따라서 상승하다가 최대값을 가진 후 저하되는 것으로 나타났다. 이것은 방전밀도가 포화됨에 따라 오존의 열분해 작용이 활발하게 발생하기 때문이고,  $Q$ 가 10[l/min]인 경우 2[l/min]보다 유량에 의한 냉각효과가 크기 때문에 그 감소의 경향이 둔화됨을 볼 수 있다. 그리고 동일한  $W_d$ 에 대해서 CIMDO의 경우가 무성방전과 연면방전의 중첩의 활성화가 가장 좋기 때문에 가장 높은  $O_{3Y}$ 를 얻을 수 있었다.



(a)  $Q = 2$  [l/min]



(b)  $Q = 10$  [l/min]

그림 7. MDO를 매개변수로 한  $W_d - O_{3Y}$  특성

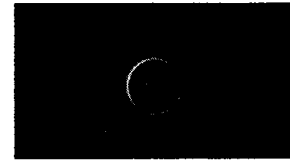
#### 4.2 MDO의 발광특성

사진 1은  $V_1$ 이 220[V]일 때, 각 MDO의 발광특성이다. 사진에서와 같이 중첩 무성방전이 가장 활성화되는 CIMDO의 발광이 가장 높은 것을 볼 수 있고,

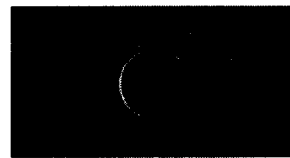
IEMDO의 경우, 발광의 강도는 CIMDO보다 강하지만 CE를 접지전극으로 사용하고 있기 때문에 무성방전의 발생이 어렵고, 전류 pulse 수가 상대적으로 가장 적기 때문에  $O_{3con}$  및  $O_{3g}$ 는 오히려 낮은 값을 가진다고 사료된다.



(a) CIMDO  $V_d=17.91$ [kV],  $I_d=8.64$ [mA]



(b) CEMDO  $V_d=16.67$ [kV],  $I_d=4.96$ [mA]



(c) IEMDO  $V_d=18.48$ [kV],  $I_d=5.86$ [mA]  
사진 1. 각 MDO의 발광사진 비교

#### 5. 결 론

- 본 연구에서의 결론은 다음과 같다.
- (1) 방전전압 및 방전전류는 전원장치의 출력전압의 증가에 따라 함께 증가하였으며, 유량이 증가할수록 방전전압은 거의 일정하고, 방전전류는 감소하였다.
  - (2) 각 MDO에서 오존생성농도와 오존발생량은 방전전력이 증가할수록 상승하였다. 또한 동일한 방전전력에 대해서는 유량이 감소할수록 오존생성농도는 상승하였고, 오존발생량은 유량이 증가할수록 상승하였다. 그 결과 CIMDO형에서 유량이 2[l/min]일 때 최대 오존생성농도는 8334[ppm]을 최대 발생량은 유량이 10[l/min]일 때 3249[mg/h]를 얻을 수 있었다.
  - (3) 오존생성수율은 방전전력이 증가함에 따라서 증가하다가 최대 값 이후 감소하는 것으로 나타났다. 그 결과 최대 오존생성수율은 CIMDO형에서 유량이 8[l/min]일 때 65.34[g/kWh]를 얻을 수 있었다.
  - (4) 이상과 같이 나사형으로 제작된 중첩전극에 의하여 무성방전이 활성화됨에 따라 CIMDO의 오존생성특성이 가장 좋았으며, 기존의 중첩방전형 오존발생기에 비하여 반영구적인 수명을 기대할 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 宋 炫直, "중첩방전형 오존발생기의 특성과 환경개선에 관한 연구", 博士學位論文, 1997
- [2] 全 炳俊, 李 相根, 宋 炫直, 李 廣植, 李 東仁 "2중 원통형 오존발생기의 온도의존특성", 大韓電氣學會 秋季學術大會論文集, pp. 953~955, 1998
- [3] R. Peyrou, "The Effect Of Relative Humidity On Ozone Production By Corona Discharge In Oxygen Or Air", Ozone Science and Engineering, Vol.12, pp.19 ~ 40, 1990
- [4] B. Eliasson, M Hirth and U Kogelschatz, "Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier discharge", J. Phys. D: Appl. Phys. 20, pp1421~1437, 1987.
- [5] 岸田 治夫 "오존 생성에 및 그 수극 표면의 거사의 영향", T.IEE Japan, Vol. 116-A, No.9, 1996