

진공 방전관을 이용한 고농도 중첩방전형 오존발생기의 특성

(The Characteristics of a Superposed Discharge Type Ozonizer Using Vacuum Discharge Tube)

송현직* · 이창호

(Hyun-Jig Song · Chang-Ho Lee)

요 약

본 논문에서는 진공방전관을 이용한 고농도 중첩방전형 오존발생기를 설계·제작하였다. 3개의 전극(중심전극, 내부전극 및 외부전극)과 1개의 방전간극(내부전극과 외부전극 사이의 방전간극)으로 구성된 중첩방전형 오존발생기는 진공방전관내에 장착한 중심전극과 내부전극에 180[°]의 위상차를 가진 2개의 교류고전압을 인가하고 외부전극을 공통접지함으로써 중심전극과 외부전극사이에서 발생하는 무성방전과 내부전극과 외부전극사이에서 발생하는 무성방전이 방전간극에서 중첩되는 구조이다. 이때 방전관의 진공도, 방전전력 및 산소원료가스 유량 변화에 따른 방전특성과 오존생성특성을 연구검토한 결과 최대 8840[ppm]의 고농도 오존을 얻을 수 있었다.

Abstract

The superposed discharge type ozonizer of high ozone concentration using vacuum discharge tube has been designed and manufactured. It consists of three electrodes(central electrode, internal electrode, and external electrode) and one discharge gap(discharge gap between internal electrode and external electrode), is a superposed silent discharge type ozonizer for which the AC high voltages applied to the central electrode within discharge tube and the internal electrode has a 180[°] phase difference and for which the external electrode is a ground. Ozone is generated by overlapping silent discharge between central electrode and external electrode, and silent discharge between internal electrode and external electrode. At the moment, discharge characteristics and ozone generation characteristics were investigated in accordance with vacuum of discharge tube, discharge power of ozonizer, and quantity of supplied oxygen gas. In consequence, high ozone concentration can be obtained 8840[ppm].

Key Words : Superposed discharge type ozonizer, Vacuum discharge tube

1. 서 론

21세기 세계가 해결해야 할 3대과제는 에너지, 환경 및 식량문제라 할 수 있다. 특히 리우환경회의 이후 오염물질의 배출 제한 등 오염된 환경을 복원하

* 주저자 : 영남대학교 전기공학과 전문위원
Tel : 053-810-4446, Fax : 053-810-4629
E-mail : song3288@yu.ac.kr
접수일자 : 2005년 4월 6일
1차심사 : 2005년 4월 15일
심사완료 : 2005년 5월 3일

는 재생기술과 같은 환경산업기술이 오히려 선진국을 중심으로 경제력 향상에 일조를 담당하고 있다.

이에 국내외적으로 강한 산화력을 지니고 있으면서 최종적으로는 자기분해되어 산소로 환원되므로서 유해한 2차오염의 우려가 없는 오존(O₃)을 기체 방전으로 발생시켜 공기정화, 살균, 탈취, 탈미, 오피수 정수처리와 같은 환경산업기술뿐만 아니라, 반도체 dry cleaning과 CVD 표면산화공정 등 첨단 제조 산업에 이르기까지 광범위한 활용을 위한 연구가 진행되고 있다[1][2].

1857년 공기 및 산소의 방전을 이용하여 독일의 Werner Von Siemens에 의하여 최초로 무성방전(silent discharge)형 오존발생기가 최초로 개발된 이래 현재까지도 실용 오존발생기로서 광범위하게 활용되고 있다[2]. 그러나 2전극-1방전간극 방식의 무성방전형 오존발생기는 수 [mm]의 방전공간에서 높은 전력밀도에 의한 열손실 등으로 오존생성농도 및 수율의 한계로 인하여 오존생성특성의 향상이 현재까지도 대단히 요구되고 있다[2][4].

이에 무성방전형 오존발생기의 방전형식, 전극형상·구조, 방전간극 및 원료가스의 온도·종류·압력·유량 등 방전공간에서의 제특성 향상을 위한 많은 연구가 시도되고 있다[5][6].

이러한 관점에서 본 논문에서는 환경개선분야뿐만 아니라, 반도체 dry cleaning과 CVD 표면산화공정 등 첨단산업 제조분야에 활용가능한 고농도 중첩방전형 오존발생기를 설계·제작하였다.

중첩방전형 오존발생기(Superposed Discharge type Ozonizer, 이하 SDO)는 방전공간에 3개의 전극 {중심전극(central electrode, 이하 CE), 내부전극(internal electrode, 이하 IE) 및 외부전극(external electrode, 이하 EE)}과 1개의 방전간극(IE와 EE 사이의 방전간극)로 구성되어있다.

진공도를 가변할 수 있는 방전관내에 장착한 CE와 IE에 각각 180[°]의 위상차를 가진 2개의 교류고전압을 인가하고, EE를 공통접지면, CE-EE 사이의 무성방전과 IE-EE 사이의 무성방전이 방전간극 중첩되면서 오존이 발생하는 구조이다. 이때 방전관의 진공도, 방전전력 및 원료가스의 유량 변화에 따른 방전특성과 오존생성특성을 연구검토하였다.

2. 중첩방전형 오존발생기의 방전기구 및 오존생성기구

2.1 방전기구

무성방전형 오존발생기(Silent Discharge type Ozonizer)의 기본 구조는 1쌍의 전극사이에 유리 혹은 ceramic 등의 유전체를 삽입시켜 1~3[mm] 정도의 방전간극을 설치한 후, 산소를 함유하고 있는 기체를 교류고전압을 인가하여 원료가스 중에 포함된 산소가 방전에 의한 화학작용을 일으켜 오존을 생성하는 구조이다[3].

무성방전은 방전공간 내에서 발생하는 저온 plasma에서 생성된 전계로부터 에너지를 얻은 전자가 Townsend 방전을 거쳐 streamer로 성장하게 되어 전극간을 교락하게 되는데, 이때 전하가 유전체로 사용되는 glass 표면에 축적되고, 이 축적된 전하에 의하여 역전계가 형성되므로 인가된 전하가 약화되어 streamer가 소멸된다[7]. 이러한 과정에 의하여 1개의 펄스방전이 형성되고, 이후 다시 전압이 상승함에 따라 펄스방전이 연속적으로 발생하게 된다.

그 결과 무성방전의 전압, 전류파형은 1주기에 방전구간과 방전후지구간 이 각각 2회씩 존재하게 되며, 방전전류는 正負 전압이 최대 점에 이를 때까지 흐르다가 전압이 正負의 최대 점으로부터 강하되면서 전압이 낮아져서 방전이 발생하지 않게 되므로 전류가 흐르지 않게 된다.

그러나 실용의 무성방전형 오존발생기는 소비되는 전력의 약 70[%]가 방전공간에서의 열손실 등에 의하여 소모되기 때문에 오존생성특성의 향상이 현재까지도 상당히 요구되고 있는 실정이다[8][9].

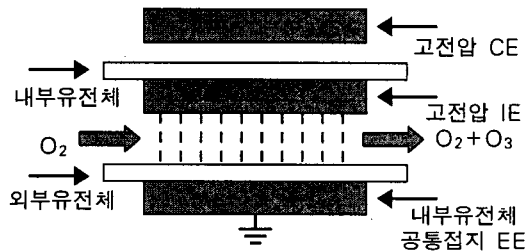


그림 1. SDO의 전극배치도
Fig. 1. The electrode arrangement diagram of SDO

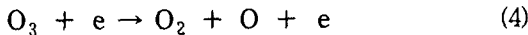
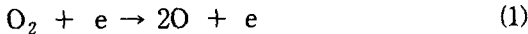
진공 방전관을 이용한 고농도 증착방전형 오존발생기의 특성

이에 따라 본 논문에서는 2전극-1방전간극 방식의 무성방전형 오존발생기의 특성을 향상시키기 위하여 그림 1과 같이 3전극-1방전간극 방식으로 동일한 방전간극에 발생하는 2개의 무성방전을 중첩한 SDO 를 고안·제작하였다.

즉 SDO 는 3개의 전극과 2개의 유전체가 장착되어 있고 1개의 방전 gap이 설치되어 있기 때문에 그림 5와 같이 CE와 IE에 180°의 위상차를 가진 2개의 교류고전압을 동일한 방전공간에 동시에 인가하고 나머지 EE를 공통접지하면 1개의 방전간극에서는 CE-EE 사이의 무성방전과 IE-EE 사이의 무성방전이 중첩되어 발생한다. 결국 1주기내에 방전구간이 4회 존재하여 방전휴지구간이 짧아지게 되면서 오존생성특성이 향상되는 구조이다.

2.2 오존생성기구

식 (1)~(4)는 산소원료가스를 사용한 경우, 무성방전에 의한 주된 오존생성·분해반응이다[2].

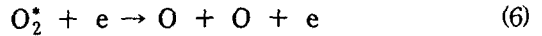
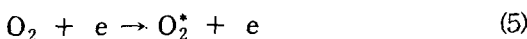


여기서 e : 전자, O : 산소원자, O₂ : 기저상태의 산소분자, O₃ : 오존

식 (1)~(4)와 같이 무성방전형 오존발생기의 오존생성기구는 ① 전자충돌에 의한 산소활성종의 생성, ② 오존생성반응 및 ③ 오존분해반응에 의하여 이루어지는 것이다.

그러나 무성방전형 오존발생기의 오존생성농도가 높아질수록 오존의 분해반응 또한 활발하기 때문에 고농도의 오존생성을 저해하게 된다.

따라서 본 논문에서는 식 (5) 및 (6)과 같이 무성방전시 방전구간에 존재하는 勵起 산소분자(O₂^{*})를 경유하는 오존생성기구의 유용성을 고려하였다[10].



여기서 O₂^{*} : 여기상태의 산소분자

즉 O₂^{*}는 O₂보다도 낮은 에너지의 전자에 의하여 해리되므로 O₂^{*}가 존재하면 식 (6)의 반응은 식 (1)의 반응보다 빠르고 더욱 활발하게 진행된다. 그러나, O₂^{*}에 전자가 충돌하지 않으면 방전휴지구간에서 O₂^{*}가 해리 또는 전리되지 않고 脫勵起하여 기저상태로 되돌아가게 된다.

SDO 는 3개의 전극과 1개의 방전 gap이 존재하는 방전공간에 180°의 위상차를 가진 역극성의 교류고전압을 동시에 인가하므로써 2.1절에서 기술한 방전의 상호작용 즉, 正負 교류고전압의 최대치에 이를 때까지 형성되는 방전구간이 1주기에 4회 존재하여 기저상태로 되돌아갈 가능성이 있는 O₂^{*}를 해리·전리하게 된다.

그 결과 생성된 산소원자와 분자가 결합하여 오존으로 생성되고 또한, 그림 5와 같이 방전휴지구간이 짧아지면서 고농도의 오존을 얻을 수 있게 된다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

그림 2는 3개의 전극(CE, IE 및 EE)과 2개의 유전체(석영관 내부유전체, pyrex glass 외부유전체)로써 CE-EE 사이의 무성방전과 IE-EE 사이의 무성방전이 1개의 방전간극에서 중첩되면서 오존이 발생되는 동축 이중 원통구조인 SDO의 개략도이다.

이때 3개의 전극은 다음과 같이 구성되었다.

(1) CE : 두께 1.0[mm], 길이 250[mm]의 텅스텐 봉전극을 0.1~760[torr] 진공도로 가변가능한 두께 1.1[mm], 외경 12.9[mm]의 석영방전관(비유전율 3.8, 내부유전체)내에 장착하였다.

(2) IE : 두께 0.5[mm]인 텅스텐 선을 석영유리관 외부에 5.0[mm] 간격으로 나선형으로 감아 사용하였다.

(3) EE : 두께 2.0[mm], 길이 250[mm]의 구리테이프를 외부유전체인 두께 1.9[mm], 외경 18.0[mm]

의 파이렉스 유리관(비유전율 4.5)위에 장착하였다.

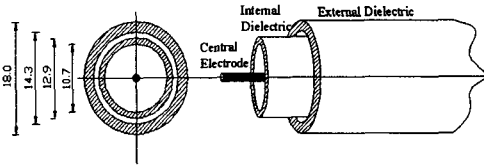


그림 2. SDO 의 단면도
Fig. 2. The cross-sectional view of SDO

이들 3개의 전극중 EE는 공통접지하고, CE와 IE에 180[°]의 위상차를 가진 역극성 교류고전압을 인가하면, 내부유전체와 외부유전체 사이의 방전간극(0.7[mm])에서는 CE-EE, IE-EE 사이에서 각각 발생된 무성방전이 중첩되면서 오존이 생성된다.

그림 3은 본 연구에 사용된 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다. 이때 실선은 방전특성을 연구하기 위한 교류고전압 전원장치와 계측장치를 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 산소 및 오존화가스의 흐름선도이다.

그림과 같이 SDO의 CE와 IE에 180[°]의 위상차를 가진 역극성 교류고전압(0~15[kV])을 각각 인가하고 원료가스인 상업용 산소를 유량계(0~10[ℓ/min])로 조정하면서 SDO의 입구측에 유입시키면 무성방전의 중첩에 의하여 오존화가스가 생성된다. 이때 오존모니터(0~10,000[ppm], Accuracy : ±0.1[%])를 사용하여 오존화가스의 오존생성농도(이하 O_{3con})를 측정 한 후, 오존발생량(이하 O_{3g})과 오존생성수율(이하 O_{3Y})을 계산하였다.

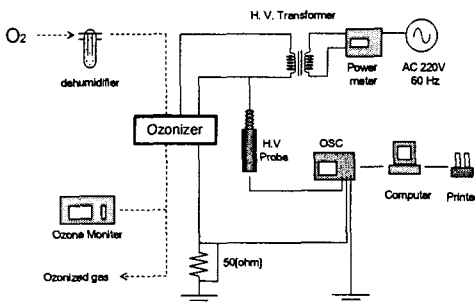


그림 3. SDO 를 이용한 실험장치의 배치도
Fig. 3. The arrangement diagram of experimental apparatus using SDO

SDO 로 부터 출력되는 방전전압·전류치 및 파형은 각각 고전압분압기(HV Probe, 분압비 2000 : 1)와 무유도저항(50[Ω])을 사용하여 축적형 오실로스코프(OSC, 100[MHz], 1[Gs/s]), P.C 및 프린터를 사용하여 측정·출력하였고, 방전전력(이하 P)은 digital 전력계(0~1,000[W], Accuracy : ±0.2[%])를 이용하여 측정하였다.

또한 CE가 장착된 방전관의 진공도 변화에 따른 방전특성 및 오존생성특성을 연구검토하고자 로타리방식의 진공펌프(Ultimate Pressure : ~ 0.0001[torr], Free Air Displacement : 150[ℓ/min])와 진공게이지(Range : ~1000[torr])를 사용하여 진공도를 가변 및 측정하였다.

3.2 실험방법

SDO의 방전특성을 연구하고자 CE의 진공도가 0.1, 1 및 760[torr]일 때, 산소원료가스의 유량(이하 Q)과 교류고전압 전원장치의 출력전압(이하 V) 변화에 따른 방전전압(이하 V_d), 방전전류(이하 I_d), 및 방전전력(P)을 측정하였다.

이때, V_d 와 I_d 의 아래첨자 1, 2 및 3은 방전관의 진공도가 각각 0.1, 1 및 760[torr]인 경우이다.

그리고 Q가 2[ℓ/min]일 때, 방전관의 진공도와 0.1, 1 및 760[torr]로 가변하면서 방전파형을 측정하였다.

교류고전압 전원장치의 출력전압(이하 V) 변화에 따른 방전전압(이하 V_d), 방전전류(이하 I_d), 방전파형 및 방전전력(P)을 측정하였다.

또한 방전관의 진공도 변화에 따른 SDO의 오존생성특성을 연구하기 위하여 Q가 0.5, 2 및 8[ℓ/min]일 때, 방전관의 진공도와 P의 변화에 따른 O_{3con} , O_{3g} 및 O_{3Y} 를 측정·계산하였다.

이때 V_d , I_d , P 및 O_{3con} 은 각각 5회씩 측정하여 산술평균한 값을 채택하였으며, 매회 측정시 SDO의 방전간극내에 존재할 수 있는 불순물을 제거하고 초기 방전환경을 일정하게 유지하기 위하여 산소원료가스를 강제배기시킨 후 측정 한 것이다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 방전특성

그림 4의 (a), (b) 및 (c)는 CE가 장착된 방전관의 진공도가 0.1, 1 및 760[torr]인 경우, EE는 공통접지하고 CE와 IE에 각각 인가한 180[°]의 위상차를 가진 역극성 교류고전압(이하 V)과 산소원료가스의 유량변화에 따른 방전전압과 방전전류를 측정하였다. 그림에서 방전관의 진공도가 각각 0.1, 1 및 760[torr]인 경우, 방전전압은 V_{dl} , V_{d2} , V_{d3} 로 표기하였고, 방전전류는 I_{d1} , I_{d2} , I_{d3} 로 나타내었다.

그림 4의 (a), (b) 및 (c)와 같이 V_{dl} , V_{d2} , V_{d3} 와 I_{d1} , I_{d2} , I_{d3} 는 V가 증가됨에 따라서 상승하였다.

즉 V가 증가됨에 따라 SDO의 방전간극에서는 CE-EE 사이의 무성방전과 IE-EE 사이의 무성방전의 중첩이 확대되면서 방전면적 또한 크게 된 결과 방전전압과 함께 방전전류가 상승하는 것이다.

그리고 동일한 V에서 산소원료가스의 유량이 감소할수록 V_{dl} , V_{d2} , V_{d3} 는 약간 저하되지만, I_{d1} , I_{d2} , I_{d3} 는 상승하는 것으로 나타났다. 즉 산소원료가스의 유량이 감소될수록 원료가스중에 포함된 산소분자가 방전공간에서 체류하는 시간이 길어지면서 CE-EE 간의 무성방전, IE-EE 간의 무성방전이 중첩되어 발생한 전자와의 접촉확률이 크게되어 낮은 방전전압에서 오존이 생성되어 방전전류가 상승하는 것이다.

또한 CE'의 진공도가 높을수록(즉 압력이 낮을수

록) 방전전류가 상승하는 것을 알 수 있었다.

CE의 진공도가 높을수록 방전관 내부에 존재하는 하전입자나 유동공기입자가 작아지면서 CE에서 발생한 전자의 평균자유행정이 길어지게 된 결과, 텅스텐 봉전극을 장착한 진공방전관 전체가 하나의 전극화가 되면서 방전전극의 면적이 증대되는 효과로 인하여 SDO의 방전전류가 상승하는 것이다.

그림 5의 (a), (b) 및 (c)는 그림 4에서 산소원료가스의 유량이 2[l/min]일 때, CE의 진공도가 각각 0.1, 1 및 760[torr]인 경우의 방전전압 및 방전전류 파형을 나타낸 것이다. 여기서 CH1과 CH2는 각각 CE와 IE의 방전전압파형이며, CH3는 공통접지전극인 EE의 방전전류파형이다.

그림과 같이 CH1의 방전전압이 CH2의 방전전압보다 높은 것은 CE-EE 간의 방전간극이 IE-EE 간의 방전간극보다 상대적으로 크기 때문에 절연내력이 상승한 결과이다.

방전전류는 SDO의 유전체로 사용된 glass 및 방전간극의 정전용량에 의하여 방전전압보다 진상으로 되고, CE-EE 간에 발생하는 무성방전과 IE-EE 간에 발생하는 무성방전이 중첩되면서 각각의 무성방전에 의한 正負 전류 pulse가 중첩되어 나타났다.

이때 전류 pulse는 CH1 및 CH2의 방전전압파형이 正負의 최대점에 이를 때까지 나타났으며, 2.1에서 서술한 바와 같이 180[°]의 위상차를 가진 역극성 교류고전압 인가에 따라 방전간극에서 발생한 正負 전류 pulse가 1주기 동안 각각 2회씩 형성되어 방전구간이 4회 존재함으로써 무성방전의 중첩이 활발하

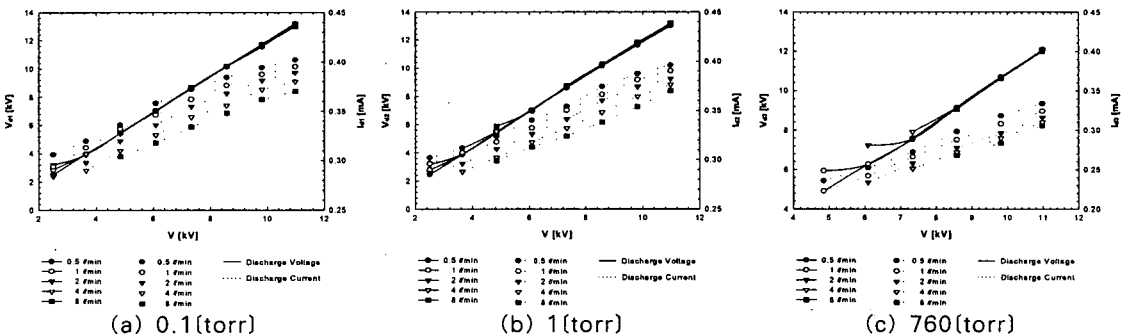
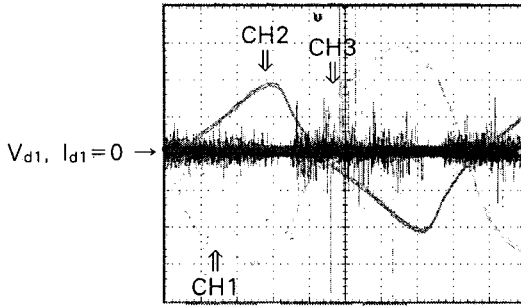


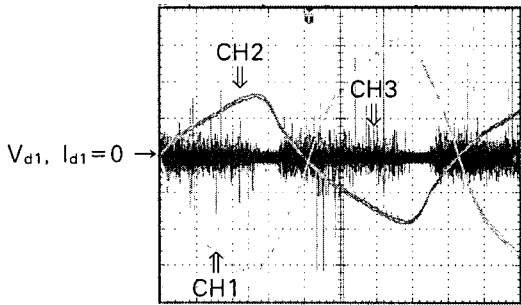
그림 4. 진공도에 따른 방전전압 · 방전전류 특성

Fig. 4. The characteristics of discharge voltage · current with variation of vacuum



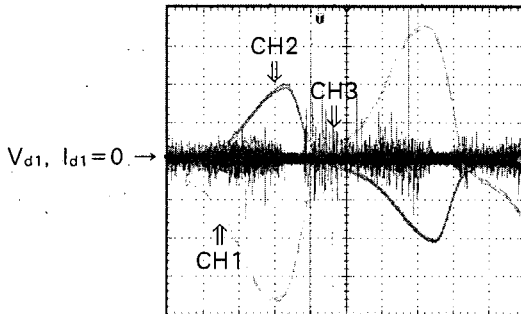
CH1, CH2 : 4(kV/div), CH3 : 20(mA/div), 2(ms/div)
 $V_{d1} = 13.5(kV)$, $I_{d1} = -0.4(mA)$

(a) 0.1(Torr)



CH1, CH2 : 4(kV/div), CH3 : 20(mA/div), 2(ms/div)
 $V_{d1} = 13.0(kV)$, $I_{d1} = 0.3(mA)$

(b) 1(Torr)



CH1, CH2 : 4(kV/div), CH3 : 20(mA/div), 2(ms/div)
 $V_{d1} = 12.0(kV)$, $I_{d1} = 0.2(mA)$

(c) 760(Torr)

그림 5. 산소원료가스 2(ℓ /min)인 경우, 진공도에 따른 방전전압 · 방전전류 파형

Fig. 5. The waveforms of discharge voltage · current with variation of vacuum for supplied oxygen gas 2(ℓ /min)

게 형성됨을 확인할 수 있었다.

또한, IE-EE 간에 발생하는 무성방전은 trigger 방전과 같이 CE-EE 간의 무성방전을 일으키게 된다. 그 결과 각각 발생하는 무성방전이 하나의 방전 공간에서 상호적으로 방전의 carrier 역할을 수행하면서 SDO의 중첩 무성방전이 활성화되는 것이다.

4.2 오존생성특성

4.2.1 방전전력-오존생성농도 · 발생량 특성

그림 6의 (a), (b) 및 (c)는 산소원료가스의 유량이 0.5, 2 및 8(ℓ /min)인 경우, CE의 진공도를 매개변수로 하였을 때 P의 변화에 따른 O_{3con} 및 O_{3g} 특성을 나타낸 것이다. 각 그림에서 O_{3con} 과 O_{3g} 는 P가 증가함에 따라서 상승하였으며, 방전관의 진공도가 높아질수록 상승하는 것으로 나타났다.

그 결과 그림 6의 (a), (b) 및 (c)에서 진공도가 0.1[torr]일 때, 각각 8840, 7770 및 6595[ppm]의 최대 O_{3con} 과 593, 506 및 388[mg/h]의 최대 O_{3g} 를 얻었다.

즉 P가 증가할수록 SDO의 방전간극에는 CE-EE 간의 무성방전, IE-EE 간의 무성방전의 중첩이 활성화되면서 식 (1), (2)와 같이 기저상태 산소분자(O_2)의 해리에너지(= 5.1[eV])[1]를 가지는 전자에 의한 오존생성반응 뿐만 아니라, 해리에너지 이하의 전자에 의한 여기 산소분자(O_2^*)의 해리작용이 많아지면서 식 (5), (6)과 같은 오존생성반응이 촉진되어 O_{3con} 과 O_{3g} 가 상승하는 것이다.

또한 방전관내에 장착된 텅스텐 봉전극에서 교류 고전압 인가에 의해 발생하는 전자는 진공도가 높을수록 방전관 내부의 하전입자나 유동공기입자가 작아짐에 따라서 평균자유행정이 길어지게 된다.

그 결과 텅스텐 봉전극을 장착한 진공방전관 전체가 하나의 전극화가 되면서 방전전극의 면적이 증대되는 효과로 인하여 CE-EE 간의 무성방전과 IE-EE 간의 무성방전의 중첩이 활성화되면서 O_{3con} 과 O_{3g} 이 상승하는 것이다.

4.2.2 방전전력-오존생성수율 특성

그림 7의 (a), (b) 및 (c)는 산소원료가스의 유량이 0.5, 2 및 8(ℓ /min)인 경우, 방전관의 진공도를 매개변수로 하였을 때 P의 변화에 따른 O_{3Y} 특성을 나타

진공 방전관을 이용한 고농도 중첩방전형 오존발생기의 특성

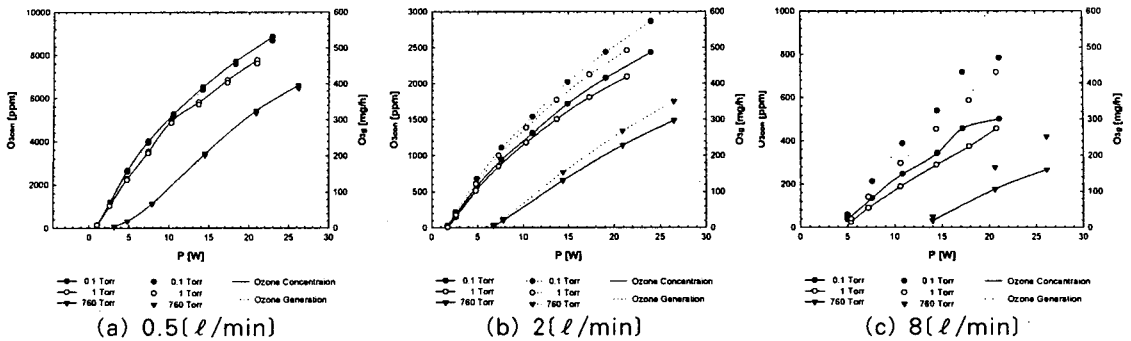


그림 6. 진공도에 따른 방전전력-오존생성농도·발생량 특성

Fig. 6. The characteristics of discharge power-ozone concentration · generation with variation of vacuum

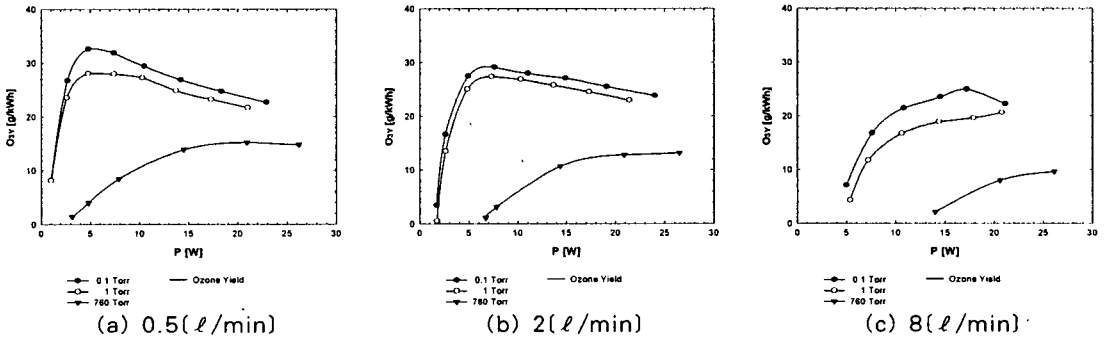


그림 7. 진공도에 따른 방전전력-오존생성수를 특성

Fig. 7. The characteristics of discharge power-ozone yield with variation of vacuum

낸 것이다.

그림과 같이 방전관의 진공도가 높을수록 O_{3Y} 가 상승하는 것으로 나타났지만, P가 증가할수록 그림 8의 (a), (b)에서는 O_{3Y} 의 극대점이 존재하였고 그림 8의 (c)에서는 O_{3Y} 가 상승하였다.

그 결과 방전관의 진공도가 0.1[torr]일 때, 그림 8의 (a)는 P가 4.9[W]에서 최대 32.7[g/kWh], (b)는 7.3[W]에서 최대 30.7[g/kWh], (c)는 20.9[W]에서 최대 15.3[g/kWh]의 O_{3Y} 를 얻을 수 있었다.

방전관의 진공도가 높을수록 텅스텐 봉전극을 장착한 진공방전관 전체가 하나의 전극화가 되면서 방전전극의 면적이 증대되는 효과로 인하여 CE-EE 간의 무성방전과 IE-EE 간의 무성방전의 증척이 활성화되면서 O_{3Y} 가 상승하는 것이다.

또한, O_{3g} 와 P의 곱으로 주어지는 O_{3Y} 는 방전형태와 방전영역에서의 온도에 의하여 결정되는데, 그림

7의 (a), (b)는 그림 6의 (a), (b)와 같이 O_{3con} 이 고농도인 경우는 P가 낮을 때는 무성방전의 증척의 영향으로 P가 증가하는 비율보다 O_{3g} 가 상승하는 비율이 높게 나타나면서 O_{3Y} 가 상승하지만, P가 높아질수록 방전공간에서의 높은 전력밀도에 의한 온도 상승 때문에 식 (3), (4)와 같은 오존분해반응이 활발해지면서 오히려 O_{3Y} 가 저하되는 것이다.

그림 7의 (c)와 같이 O_{3con} 이 저농도인 경우는 오존의 분해반응보다 증척 무성방전에 의한 오존생성 효과가 크기 때문에 P에 비례하는 O_{3Y} 특성이 나타나는 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 3개의 전극(중심전극, 내부전극 및 외부전극)과 1개의 방전간극이 장착함으로써 무성

방전의 중첩을 이용한 중첩방전형 오존발생기를 설계·제작하였다. 이때 중심전극이 장착된 방전관의 진공도, 방전전력 및 산소 원료가스의 유량 변화에 따른 방전 및 오존생성특성을 연구검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 중첩방전형 오존발생기는 중심전극과 내부전극에 180°의 위상차가 있는 역극성 교류고전압을 인가하므로써 방전지속구간을 기존의 무성방전형 증가시킬 수 있었고, 이들 역극성의 전압에 의하여 발생된 방전상호간의 작용에 의하여 방전휴지구간을 더욱더 단축시킬 수 있었다.

2) 중심전극이 장착된 방전관의 진공도가 높을수록 방전면적의 증대 효과로 인하여 오존생성특성이 우수하였다.

3) 방전전력이 증가할수록, 산소 원료가스의 유량이 감소될수록 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율이 상승하였다.

4) 이러한 결과에 따라 최대 8840[ppm]의 고농도 오존을 얻을 수 있었으며, 각각 593[mg/h] 및 32.7[g/kWh]의 오존발생량과 오존생성수율을 얻었다.

이상의 결과로부터 방전관의 진공도를 높일수록 고농도 오존을 얻을 수 있었으며, 설계·제작된 고농도 중첩방전형 오존발생기는 반도체 및 CVD 공정분야에 적용가능할 것으로 판단된다.

References

[1] 송현직, 이광식의 4인, “개선된 램프형 오존발생기에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.13, No.3, pp.109~117, 1999.
 [2] 杉光英俊, “オゾンの基礎と應用”, 光琳, 1996.
 [3] 山部長兵衛, “オゾンの發生技術”, 電光學琳論, 114券4號, 1993.
 [4] 井關 昇, “オゾナイザにおけるオゾン生成機構と今後の課題”, 靜電氣學會誌, Vol.7, No.3, pp.142 ~ 149, 1993.
 [5] Shou-Zhe Li et al, “Influence of Dielectric Surface Charge on the Discharge Behavior in a Coaxial Dielectric-Barrier Discharge”, J.Korean Phys. Soc. Vol.45, No.2, pp.409~415, 2004.
 [6] Yohgho kim et al, “Geometrical Effects of the Discharge System on the Corona Discharge and Chemically Active Species Generated in Wire-Cylinder and Wire-Plate Reactors”, J.Korean Phys. Soc. Vol.44, No.6, pp.1458~1467, 2004.
 [7] B.Eliasson & U.Kogejtschatz et al, “Ozone synthesis from

oxygen in dielectric barrier discharges”, J.Phys.D, Appl.Phys., 20, pp.1421~1437, 1987.
 [8] B.Eliasson & U.Kogejtschatz, “Modeling & applications of silent discharge plasma”, IEEE translation on plasma science, Vol.19, No.2, pp.309~323, 1991.
 [9] Rice Aharan Netzer, “Handbook of ozone technology and applications volume II”, An Ann Arbor Science Book, 1984.
 [10] 송현직, “중첩방전형 오존발생기의 특성과 환경개선에 관한 연구”, 박사학위논문, 1997.

◇ 저자소개 ◇

송현직 (宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1997년 일반대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2004년 구미1대학 컴퓨터응용전기전공 전임강사. 본 학회 평의원. 현재 영남대학교 전기공학과 전문위원.

이창호 (李昌昊)

1974년 11월 11일생. 2002년 경주대학교 전자공학과 졸업. 2002년 영남대학교 일반대학원 전기공학과 졸업(석사).