전압인가 방식에 따른 평판형 오존발생기의 특성

(The Characteristics of plate type ozonizer according to voltage application method)

이창호* · 김종현** · 윤병한*** · 김기채* · 이광식*

(Chang-Ho Lee · Jong-Hyun Kim · Byung-Han Youn · Ki-Chai Kim · Kwang-Sik Lee)

Abstract

Recently, ozone is utilized in various fields and its needs are expanding. In this paper, plate type ozonizer have been fabricated to investigate discharge parameter(input power, flow rate of supplied gas, electrode form, etc.) effect to discharge. And the conditions of discharge parameter have been investigated for optimum ozone generation. Ozone concentration is continuously increased with increasing input power for same discharge space, and ozone yield is also increased until maximum point after that it is saturated. Ozone concentration is inversely proportional to flow rate of supplied gas but ozone generation and ozone yield characteristics are improved. I

1. 서 론

대기 및 수질오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 하나로 전기적 방전현상으로 발생되는 오존의 강력한 산화력과 최종적으로는 산소로 환원되어 2차적인 환경오염을 발생시키지 않고 잔류물질이 남지 않는 오존의 활용이 제시되고 있다.

무성방전형 오존발생기의 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가전압, 전류 및 소비전력 등의 제 인자에 관한 연구를 통한 오존생성수율의 향상이 필연적이라 할 수 있다. 무성방전형 오존발생기는 동축원통형, 평판형, 회전전극형 등 다양한 형태로 개발되어 오존생성농도와 수율 등의 향상을 위한 노력이 계속되고 있다.

따라서 본 논문에서는 제작비가 저렴하고 제작이 쉬운 평판 전극을 적층시킨 평판형 오존발생기를 설계·제작하여 무성방전에 영향을 미치는 인자 중 전압인가 방식에 따른 평판형 오존발생기에 원료가스의 유량 및 방전전력의 변화에 의한 오존생성농도, 오존생성량 및 오존생성수율을 연구·검토 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

그림1은 무성방전의 기본구조를 기초로 한 평판형 오존발생기의 개략도이다.

그림과 같이 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 삽입한 전극을 대향시켜 1~3 [㎜] 정도의 간극을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면서 산소를 포함하고 있는 기체를 공급하면 기체방전에 의하여 원료가스 중에 포함된 산소의 일부가 방전에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

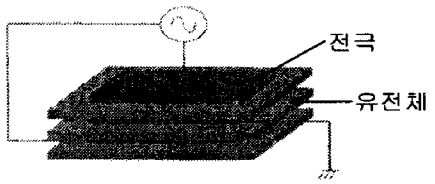


그림1, 평판형 오존발생기의 개략도
Fig.1 Schematic Diagram of plate Type Ozonizer

그림2는 본 연구에서 설계·제작한 3개의 유전체(Lgx, Lgy)와 3개의 전극(Lex, Ley)으로 구성된 평판형 오존발생기의 단면도이다.

전극 면적 100, 200 [㎟]를 다르게 한 방전관 (Lex × Ley : 100 × 100, 200 × 100 [㎜])의 오존발생기에 사용된 유전체(glass : 두께 3 [㎜])와 전극(Cu plate : 두께 0.1 [㎜])을 방전 갭(G) 2 [㎜]로 평행하게 배치한 구조로 방전공간의 확대와 공간 효율성 향상을 위해 동일한 형

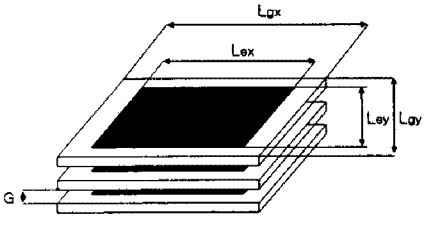


그림2. 방전관의 단면도
Fig.2 Cross-Sectional view of Discharge Tube

태의 상·하부로 구성하였으며, 전압인가 방식에 따

른 ① 전압인가 방식A는 3개의 유전체 표면에 전극을 접착하여 위와 아래의 전극 2개는 전압을 인가하고 가운데 전극은 공통접지로 하였고, ②전압인가 방식 B는 유전체 표면 3개의 전극에 전압을 인가하였다.

전원장치는 상용의 neon transformer(이하 NT, 입력전압 : AC 220 [V], 입력전력 : AC 150 [VA])에서 발생되는 교류전원을 사용하였으며, 이때 NT 양 출력단자에는 동일 크기의 교류고전압이 180[°]의 위상차로 형성되면서 평판형 오존발생기의 두 외부전극에 각각 인가한다. 이때, 유량의 변화에 따른 방전전압, 방전전류를 고전압 분압기(2000 : 1), 분류기(10 : 1)로 측정하고, 방전전력은 digital power meter (0 ~ 500 [V], 0 ~ 30 [A], 0 ~ 9999 [W], accuracy ±0.2 [%], Light Star 社)를 이용하여 방전시의 전력, NT의 전력 손실, 선로손실 등을 포함한 오존발생 시스템에 소모되는 전력을 측정하였다.

그림3은 오존 발생기, 원료가스 공급 장치, 전원장치, 계측장치 및 내부유전체를 배기시킬 수 있는 진공펌프 등으로 오존 발생장치를 구성하여 오존 발생기의 방전 특성 및 오존 생성특성을 연구하기 위한 실험 장치의 배치도이다.

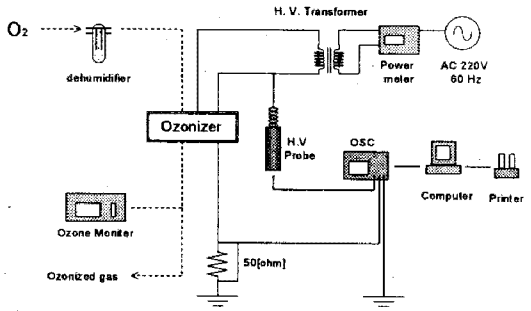


그림 3. 중첩 방전형 오존발생기장치의 배치도
Fig. 3. Arrangement diagram of the plate type Ozonizer System

2.2. 실험방법

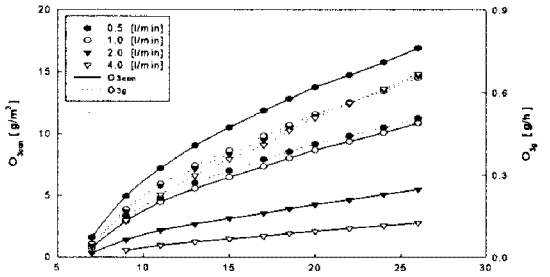
평판형 오존발생기의 방전특성 및 오존생성특성을 연구·검토하기 위하여 방전갭을 2 [㎜]로 고정하고 전극면적(이하 S, 100 및 200 [㎠]) 크기 및 원료가스의 유량(이하 Q, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0 [ℓ/min])의 변화에 따른 방전전압(이하 V_d), 방전전류(이하 I_d) 및 방전전력(이하 W)을 측정하였고, 오존생성농도(이하 O_{3con})를 측정하기 위하여 오존발생기 內에서 발생한 오존화가스를 0.3 [ℓ/min] 로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor (0 ~100,000 [ppm], Okitronics 社, Japan)로 측정하여, 오존발생량(이하 O_{3g}), 및 오존생성수율(이하 O_{3Y})을 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

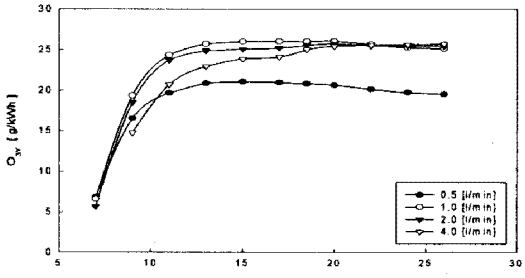
3.1. 방전면적에 따른 오존생성특성

그림4의 (a)~(b)는 전압인가 방식 A, 전극면적이 100 [㎠] 일 때, 유량을 매개변수로 한 경우 방전전력 증가에 따른 오존생성 농도 및 오존생성량 특성을 나타낸 것이다.

그림4의 (a)는 유량이 적고 방전전력이 증가할수록 오존생성농도는 증가하고, 유량이 많고 방전전력이 증가할수록 오존발생량이 증가하였으며, (b)의 오존생성수율은 유량이 많고 방전전력이 상승할수록 증가하였으며, 약 12 [W] 이후 포화되어 감소하는 경향을 보였다.



(a) O_{3con} 및 O_{3g}

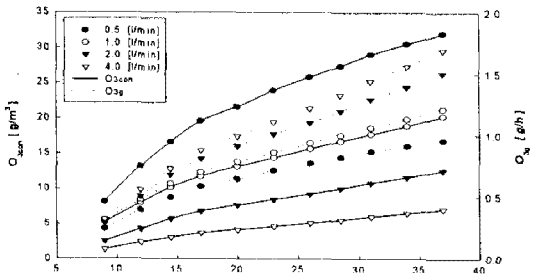


(b) O_{3Y}

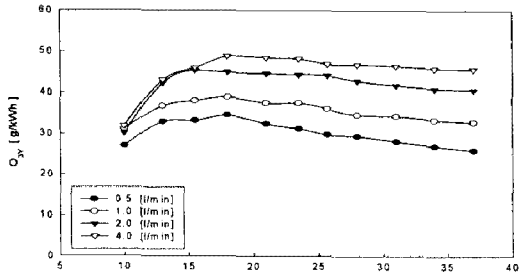
그림 4. 전압인가 방식 A, 전극 면적 100 [㎠]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성특성
Fig. 4. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at electrode area 100 [㎠] and voltage application method A

그림5의 (a)~(b)는 전압인가 방식 A, S가 200 [㎠] 일 때, Q를 매개변수로 한 경우 W 증가에 따른 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.

그림5의 (a)는 유량이 적고 W가 증가할수록 O_{3con}는 증가하고, 유량이 많고 W가 증가할수록 O_{3g}이 증가하였으며, (b)의 O_{3Y}은 Q가 많고 W이 상승할수록 증가하였으며, 약 17 [W] 이후 포화되어 감소하는 경향을 보였다. 그림 4와 그림5의 결과 S가 200 [㎠]일 때, 원료가스의 방전 공간에 체류하는 시간이 S에 비례하여 증가하여 무성방전에 의해 가속된 전자와 원료가스의 산소분자의 충돌횟수가 증대되어 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성이 우수하였다.



(a) O_{3con} 및 O_{3g}



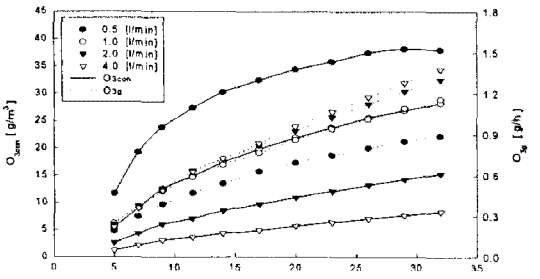
(b) O_{3Y}

그림 5. 전압인가 방식 A, 전극 면적 200 [㎠]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성특성

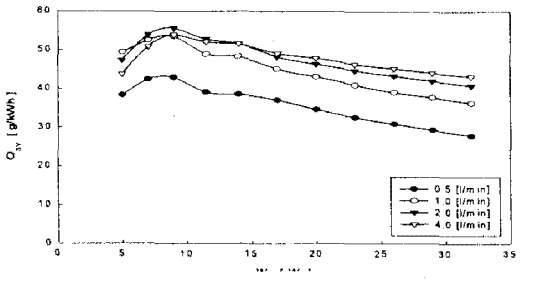
Fig. 5. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at electrode area 200 [㎠] and voltage application method A

그림6의 (a)~(b)는 전압인가 방식 B, S가 100 [㎜]일 때, Q를 매개변수로 한 경우 W 증가에 따른 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.

그림6의 (a)는 유량이 적고 W가 증가할수록 O_{3con}는 증가하고, 유량이 많고 W가 증가할수록 O_{3g}이 증가하였으며, (b)의 O_{3Y}은 Q가 많고 W이 상승할수록 증가하였으며, 약 9 [W] 이후 포화되어 감소하는 경향을 보였다.



(a) O_{3con} 및 O_{3g}



(b) O_{3Y}

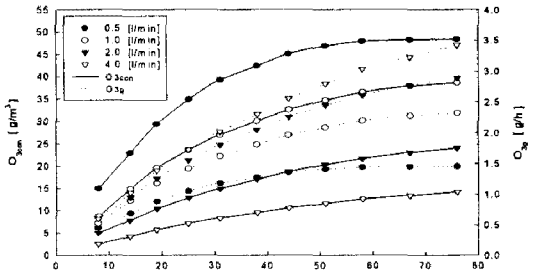
그림 6. 전압인가 방식 B, 전극 면적 100 [㎠]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성특성

Fig. 6. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at discharge area 100 [㎠] and voltage application method B

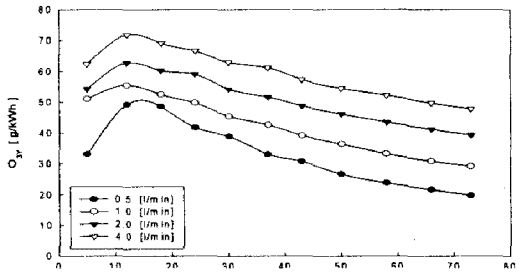
그림7의 (a)~(b)는 전압인가 방식 B, S가 200 [㎜]일 때, Q를 매개변수로 한 경우 W 증가에 따른 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.

그림7의 (a)는 유량이 적고 W이 증가할수록 O_{3con}는 증가하고, 유량이 많고 W이 증가할수록 O_{3g}이 증가하였으며, (b)의 O_{3Y}은 Q가 많고 W이 상승할수록 증가하였으며, 약 13 [W] 이후 포화되어 감소하는 경향을 보였다.

그림6과 그림7의 결과 S가 200 [㎜]일 때, 원료가스의 방전 공간에 체류하는 시간이 S에 비례하여 증가하여 무성방전에 의해 가속된 전자와 원료가스의 산소분자의 충돌횟수가 증대되어 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성이 우수하였다.



(a) O_{3con} 및 O_{3g}



(b) O_{3Y}

그림 7. 전압인가 방식 B, 전극 면적 200 [㎠]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성특성

Fig. 7. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at electrode area 200 [㎠] and voltage application method B

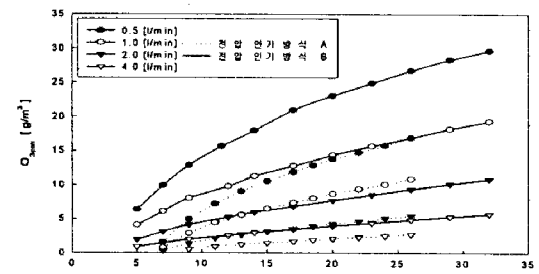
그림8의 (a)~(c)는 S가 100 [㎜], 전압인가 방식 A, B일 때, Q를 매개변수로 한 경우 W 증가에 따른 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.

그림8의 (a)는 전압인가 방식 A, B 모두 유량이 많고, W이 상승할수록 O_{3con}가 증가하였다. 전압인가 방식 B는 A보다 전극에 입력되는 전압의 증가로 유전체 표면에 충전되는 전하량이 많아져서 무성방전에 의한 전자의 활성량이 높아져서 방전 공간내의 원료가스와 충돌

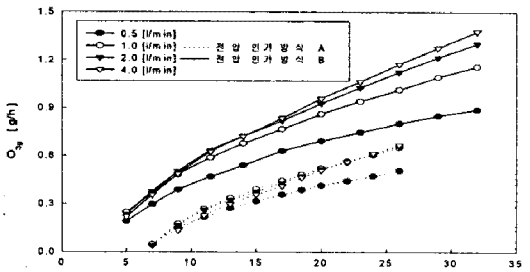
횟수가 증가하여 O_{3con}가 증가하는 것으로 사료된다.

그림8의 (b)는 투입되는 원료가스의 Q에 의해 영향을 받는 O_{3g}은 전압인가 방식 A, B 모두 유량이 많고 W가 상승할수록 증가하였다.

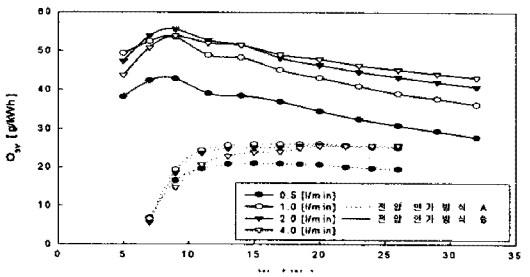
그림8의 (c)는 원료가스의 유량이 적을수록 유속이 느리게 되어 방전 공간 내부의 냉각효과가 저하된 결과 미소방전주의 수가 증가하여 방전전류가 높아짐에 따라 방전공간의 전력밀도 상승으로 인한 방전공간내의 온도상승률에 비하여 유량에 의한 소호능력이 유량이 많을 대에 비하여 O_{3Y}이 저하되다. 따라서 오존의 열분해 반응이 급격히 증가하므로 O_{3Y}이 최대값 이후 포화하는 것이라 생각된다.



(a) O_{3con}



(b) O_{3g}



(c) O_{3Y}

그림 8. 전극 면적 100 [㎠]일 Ⅲ, 평판형 오존발생기의 오존생성특성

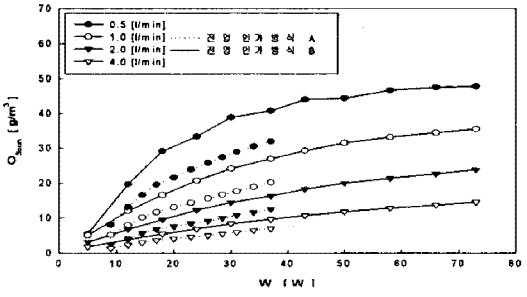
Fig. 8. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at electrode area 100 [㎠]

그림9의 (a)~(c)는 S가 200 [㎟], 전압인가 방식 A, B일 때, Q를 매개변수로 한 경우 W 증가에 따른 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.

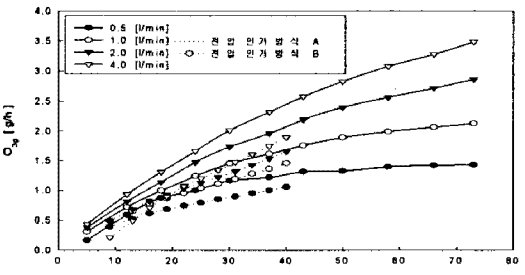
그림9의 (a)는 전압인가 방식 A, B 모두 유량이 많고, W이 상승할수록 O_{3con}가 증가하였다. 전압인가 방식 B는 A보다 전극에 입력되는 전압의 증가로 유전체 표면에 충전되는 전하량이 많아져서 무성방전에 의한 전자의 활성량이 높아져서 방전 공간내의 원료가스와 충돌 횟수가 증가하여 O_{3con}가 증가하는 것으로 사료된다.

그림9의 (b)는 투입되는 원료가스의 Q에 의해 영향을 받는 O_{3g}은 전압인가 방식 A, B 모두 유량이 많고 W가 상승할수록 증가하였다.

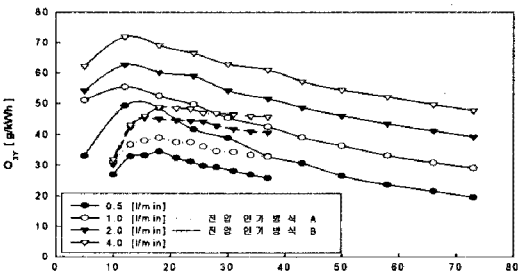
그림8의 (c)는 원료가스의 유량이 적을수록 유속이 느리게 되어 방전 공간 내부의 냉각효과가 저하된 결과 미소방전주의 수가 증가하여 방전전류가 높아짐에 따라 방전공간의 전력밀도 상승으로 인한 방전공간내의 온도상승률에 비하여 유량에 의한 소호능력이 유량이 많을 대에 비하여 O_{3Y}이 저하되다. 따라서 오존의 열분해 반응이 급격히 증가하므로 O_{3Y}이 최대값 이후 포화하는 것이라 생각된다.



(a) O_{3con}



(b) O_{3g}



(c) O_{3Y}

그림 9. 전극 면적 200 [㎠]일 Ⅲ, 평판형 오존발생기의 오존생성특성

Fig. 9. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer at discharge area 200 [㎠]

3. 결 론

본 논문에서는 평판형 오존발생기를 설계·제작하여 전압인가 방식에 따른 전극 면적, 원료가스의 유량, 방전 전력의 변화에 의한 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성을 연구하였다.

(1) 전압인가 방식 A, B 모두 방전 전력이 증가함에 따라 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성이 증가하였다.

(2) S(200 [㎟])가 클수록 O_{3con}, O_{3g} 및 O_{3Y} 특성이 증가하였다.

(3) S이 클수록 O_{3Y}은 방전 내부의 온도상승으로 인한 열분해 반응에 의해서 방전전력이 증가할수록 저하되는 속도가 빠르게 진행 되었다.

(4) 동일한 전압인가 방식 및 S에서는 Q이 감소할수록 O_{3con}는 증가하였고, O_{3g} 및 O_{3Y}은 감소하였다.

참 고 문 헌

[1] 李 廣植, 李 東仁, "氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用", 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會 論文集, pp.32 ~ 35, 1992

[2] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, "3상 전압인가형 중첩방전형 오존발생기의 오존생성 상승효과", 대한전기학회 논문지, Vol, 49C, No.8,pp.486~476, 2000.

[3] 이상근, 전병준, 박용권, 박원주, 이광식, 권혁한, 송현직, 박중협, "고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구", 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.15, No5, pp46~54, 2001

[4] Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Kwang-Sik Lee, "Ozone Generation Characteristics of a Piled Plate-Type Ozonize", KIEE Intertional Trans. on EA, 12C, No.1,pp.33~37, 2002.

[5] 全 炳俊, "環境改善을 위한 新 오존발생기에 관한 연구", 영남대학교 碩士學位論文, 1999

[6] Sang-Keun Lee, Hyun-Jig Song, Byung-Joon Chun, "The Characteristics of Ozone Generation in Superposed Discharge type Ozonizer", Proceedings of 1998 Korea-Japan joint symposium on ED and HVE, pp.99 ~ 102, 1998

[7] 이상근, "동축형 전극길이 변화시의 연면무성방전에 의한 오존발생특성(I)", 대한전기학회 논문지, 제48권 제12호, pp.791~797, 1999.12

[8] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, "3상 전압인가형 중첩방전형 오존발생기의 오존생성 상승효과", 대한전기학회 논문지, Vol, 49C, No.8,pp.486~476, 2000.

[9] B.J Chun, S.K Lee, H.J. Song, J.H. Ha, "Trial Manufacture and characteristics of a PLATE-Type Ozonizer Systerm", ICEE 2001, Proceedings of International Conference on Electrical Engineering, 2001.7.22-26

[10] Hyun-Jig Song, Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Dong-Heon Lee, Won-Zoo Park, Kawng Sik Lee, Dong-In Lee, "Characteristics of a High Concentration, High Yield Multi Discharge Type Ozonizer for Dyeing Water Treatment", 200 Korea-Japan Joint Symposium on ED and HVE, Ulsan, Korea, pp.106-1~106-4, 2000