

## 오존발생을 위한 무성방전특성에 미치는 유전체의 영향

### Effect of Dielectric Materials on the Silent Discharge Characteristics for Ozone Generation

박 명 하\* 곽 동 주\*

(Park, Myoung-Ha and Kwak, Dong-Joo )

#### Abstract

Since the concept for the ozone generation using a nonequilibrium electric discharge techniques had been proposed by Siemens, some experimental and theoretical studies on the ozone generation by streamer corona discharge, surface discharge and silent discharge have been performed.

In this paper some results on the discharge characteristics of the silent discharge gap with various dielectric materials were reported. Dielectric materials used in this study were pyrex glass, quartz and glass beads with diameter of 1 mm.

**Key Words(중요용어)** : silent discharge, dielectric material, ozone generation

#### 1. 서론

오존발생장치는 1857년 독일의 W. von Siemens 가 오존의 발생을 위한 방전관을 고안한 이래 연구 개발이 활발하게 진행되어 왔다. 최근 우리 나라에서도 고도 정수 처리장에 오존에 의한 정수 처리 시설을 의무화하고 있으며, 특히 최근 식수원의 안정성에 대한 국민적 관심이 고조됨에 따라 오존 발생기의 사용은 더욱 확대될 것으로 사료되며, 나아가 오존 발생 장치가 우리의 기초 생활 공간인 주택과 아파트 식수원의 최종적인 정수 처리에까지 적용될 경우, 각 종 용량의 오존 발생기에 대한 수요는 기하급수적으로 증가할 전망이다.

한편, 오존 발생을 위한 방전 양식으로는 스트리머 코로나 방전(streamer corona discharge)을 비롯

하여, 연면 방전(surface discharge) 그리고 무성 방전(silent discharge) 등을 들 수 있으며, 각각의 방전 양식에 따라 에너지 효율 및 오존 수율의 향상에 대한 연구가 시행되어 왔으나, 이 중 전극 사이에 삽입된 유전체의 분극 효과로 인하여 보다 저전압 동작이 가능할 것으로 기대되는 무성 방전 양식의 반응기가 최근 많은 주목을 받아 오고 있다[1,2]. 그러나 효율적인 오존 발생 및 오존 발생기의 저전압 동작에 의한 유지 관리의 안정성을 도모하기 위해서는 무성방전의 안정적인 발생 및 방전의 유지가 필요하다. 아직 무성방전에 대한 충분한 이해와 이와 관련하여 오존 발생에 미치는 제 인자들의 영향이 충분히 해명되지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 오존 생성을 위한 원통형의 무성 방전관을 제작하고 무성 방전 특성 및 이에 미치는 유전체의 영향을 연구하였다.

#### 2. 실험장치 및 방법

그림 1에 제작된 반응기의 개념도를 나타낸다. 즉,

\*경성대학교 전기전자공학과  
(부산시 남구 대연 1동 경성대학교,  
Fax: 051-624-5980,  
E-mail: djkwak @ star.ks.ac.kr  
mhpark @ star.ks.ac.kr)

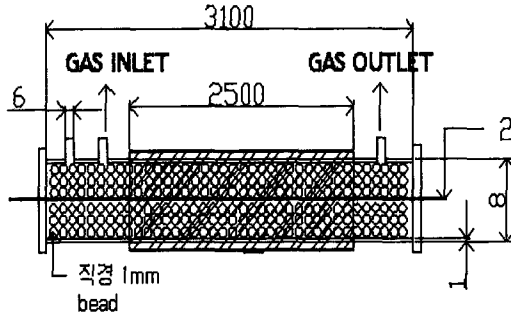
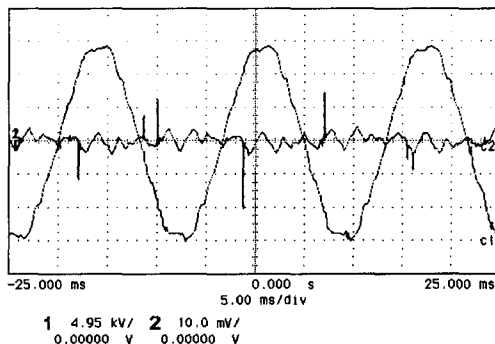


그림 1. 제작된 반응기의 개념도

유전체로써 원통형의 파이렉스(pyrex) 및 석영(quartz) 유리관의 외벽에 두께 1mm의 동판을 감아 접지층의 전극으로 사용하였으며, 원통의 가운데에 직경 2mm $\phi$ 의 동선을 넣어 고전압측 전극으로 하였다. 전극의 간격은 3mm로 고정하였으며, 유전체로써 파이렉스 및 석영 유리관 외에 직경 1mm $\phi$ 의 유리 bead를 방전관 내에 채워 무성 방전 특성에 미치는 유전체의 영향을 광범위하게 조사하였다. 전원은 상용 주파수의 교류 전압 발생 장치(30kV, 6kVA)를 사용하였으며, 부하 전압 및 전류는 1000:1의 고압 푸루브(Tektronix, P6015A) 및 전류 측정 시스템(Tektronix TM502A)을 이용하여 오실로스코프(HP 5450A)상의 오실로그래프로 측정하였다. 반응 가스는 건조 공기 및 순수 O<sub>2</sub> (99.98%)를 사용하였으며, 가스분배에서 반응기로의 가스의 유입은 MFC로 조절하여 방전특성에 미치는 유량의 효과를 함께 조사하였다.



1 4.95 kV/ 2 10.0 mV/  
0.00000 V 0.00000 V

그림 2. 전형적인 부하 전압 및 전류 파형

그림 2에 인가 전압 10kV, 산소 유량 10l/min인

경우의 전형적인 부하 전압 및 전류의 파형을 나타낸다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

통상 무성방전은 유전체를 개재하여 발생하므로 방전 공간 내부의 전압의 변화를 직접적으로 논하기는 곤란하며, 특히 유전체에 축적되는 벽전하가 방전의 발생 및 유지에 대단히 중요한 역할을 하므로 무성 방전 특성의 정확한 해석을 위하여 Lissajous 도형에 의해 측정되는 전하 특성 및 소비 전력을 추정함이 필요하다[3]. 그림 3에 본 연구에서 측정된 전형적인 V-Q Lissajous 도형의 예를 나타낸다.

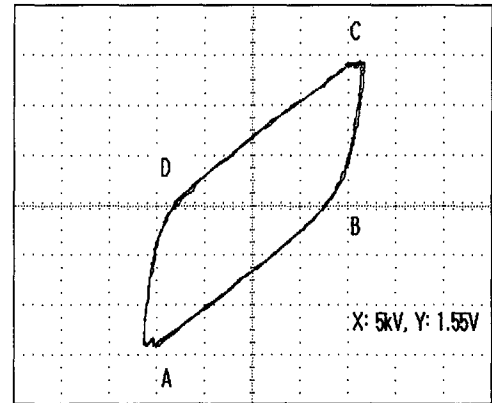


그림 3. V-Q Lissajous 도형

즉, 방전 개시 이전의 방전 공간의 정전용량을 Cg라 하고, 이와 직렬로 콘덴서 Cq를 삽입하여 횡축에 방전 개 양단의 전압, 종축에 직렬로 삽입된 콘덴서 양단의 전위차를 측정함으로써 방전 공간에 유입되는 전하량을 측정하였다. 그림의 V-Q 특성곡선에서 A-B 및 C-D의 구간을 방전 구간, 그리고 B-C 및 D-A의 영역을 방전 정지 영역으로 볼 때, 방전 기간 중의 전압은 방전 유지전압 2U<sub>m</sub>으로 일정하여 방전 공간 전역에 걸쳐 매우 많은 미소한 방전이 발생하여 벽전하를 서서히 축적하여 가는 전형적인 무성방전이 발생하고 있음을 알 수 있다. 이러한 사실은 건조 공기 및 순수 산소의 경우에도 동일한 경향을 나타내었으며, 또한 주입되는 가스의 유량에 관계없이 같은 형의 Lissajous 도형이 얻어짐을 알 수 있었다. 다만 인가 전압이 증가할수록 Lissajous 도형의 면적이 커지고 내부에 삽입된 유전체가 석영, 파이렉스, 그리고 유리 bead인 순으로 주어진 유량 및 인가 전압의 조건하에서 도형의 면적이 넓어져, 소비되는 전력도 증가함을 알 수 있었다.

한편, 무성방전은 방전 공간 내에서 시간적으로나 공간적으로 매우 불규칙하게 발생하므로 정확한 의미의 방전전압 및 전류의 정의는 곤란한 경우가 많다. 본 연구에서 사용한 방전관의 경우에도 그림 2에 나타낸 바와 같이 방전 공간에서 발생하는 전류에는 그 크기 및 발생 확률의 면에서 다소 불규칙성이 인정되었다. 따라서 본 연구의 방전전류는 주어진 인가전압 및 유량의 조건하에서 여러 차례 시간적으로 파형을 분할하여 그 평균치로 정의하였다.

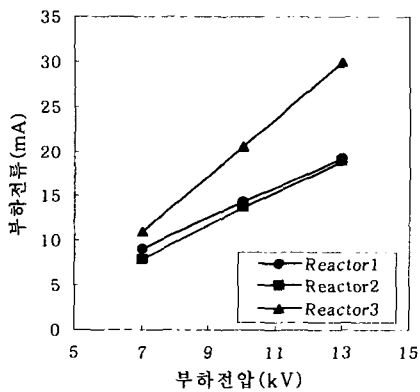


그림 4. 건조공기의 부하 전압-전류 특성

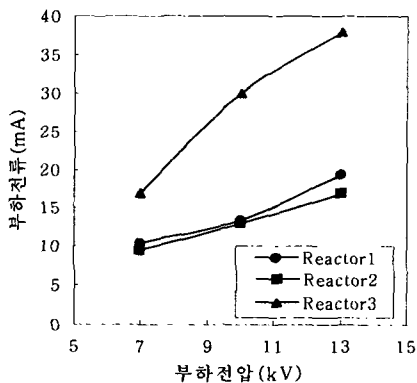


그림 5. 순수산소의 부하 전압-전류 특성

그림 4 및 5에 각각 건조 가스 및 순수 산소의 10ℓ/min의 유량 조건하의 부하전압-전류 특성에 미치는 삽입된 유전체의 영향을 나타낸다. 그림으로부터 우선 무성 방전에 의한 전류 파형은 전압의 극성 전환에 따라 정(+), 혹은 부(-)의 주기적인 전류가 관측되었으며, 전압이 상승하는 동안 매우 짧은 약

수 nS정도의 계속 시간을 나타내고 있음을 알 수 있다. 한편, 주어진 전압 및 유량의 조건하에서 전류는 방전 공간 내에 유리 bead가 존재할 때 가장 높았으며, pyrex 및 quartz의 큰 차이는 인정되지 않았다. 이는 무성 방전의 경우, 방전 개시와 함께 발생한 전자 및 정이온이 전극으로 유입됨과 동시에 소멸하지 않고 전극의 앞면에 있는 유전체에 벽전하로써 축적되어 전계의 반전과 함께 축적된 전하량에 상응하는 내부 전계를 발생하게 되는데, 방전 공간 내에 몇 층으로 존재하는 bead 반응기의 경우, 벽전하의 축적이 보다 원활함을 의미하는 것으로 생각된다. 즉, 그림 3의 Lissajous 도형에서 종축의 높이는 한번의 방전에 의해 이동한 전하량을 나타내며, 이러한 개념하에 분석된 전하의 이동특성 결과, bead 반응기의 경우가 1.93 $\mu$ C로 전하량이 가장 많아, 가장 강한 내부 전계를 발생하고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

오존 생성을 위한 원통형의 무성 방전관을 제작하고 무성 방전 특성 및 이에 미치는 유전체의 영향을 연구하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) Lissajous 도형의 해석 결과, 방전의 개시와 함께 삽입된 유전체에 축적된 전하가 인가 전압의 극성에 따라 반전하여 방전 및 방전정지를 거듭하는 전형적인 무성방전임을 알 수 있었다.
- (2) 방전 공간내에 유리 bead를 삽입한 경우, bead 없는 방전관에 비해 방전을 위해 이동하는 전하량이 가장 많음을 확인하였으며, 주어진 유량 및 전압 조건하에서 큰 부하 전류가 형성되었다.
- (3) 건조 공기에 비해 순수 산소에서 보다 활발한 전하의 축적 및 방전이 일어남을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. N. Tabata, T. IEE Japan, Vol.117-A, No.12, pp1200, 1998
2. J. Kitayama, et. al., J. Phys. D: Appl. Phys. 32, pp.3032, 1999
3. I. D. Chalmers, et. al., Meas. Sci. Technol., vol. 9, pp.983, 1998