

## 오존발생을 위한 알루미나 방전관의 무성방전특성

### Silent Discharge Characteristics of Alumina Discharge Tube for Ozone Generation

김 학 규 곽 동 주  
( Kim, Hag-Gyu and Kwak, Dong-Joo)

#### Abstract

Recently deep interests and attractions have been paid on the generation of ozone, which is widely used to remove bad smell and to clear water.

Silent discharge is considered as one of the most effective methods to generate ozone.

In this paper, silent discharge reactors were made, which were filled with different dielectric materials, and some silent discharge characteristics were investigated experimentally.

**Key Words** : ozone, silent discharge, wall charge, dielectric barrier, Lissajous figure

#### 1. 서 론

최근 급격한 산업의 발달로 생활 수준이 향상됨에 따라 이에 수반되는 환경 문제가 매우 심각하게 대두되고 있다. 특히 여러 산업 시설에서 배출되는 폐수와 생활 하수가 강과 하천에 유입됨으로써 상수원을 크게 훼손시키고 있다.

이와 같이 수질 오염에 대한 대책으로 기존 상수원의 정수 처리 공정에서는 염소를 투입하는데, 이는 수중에 존재하는 폐놀과 반응하여 클로로페놀을 발생시키는 등의 2차적인 오염물을 생성시키는데 이에 대한 대책 마련이 절실하게 요구되고 있다.

이러한 관점에서 환경 문제를 개선하는 대책으로 기체 방전 시 발생하는 오존의 연구가 여러 면에서 활발하게 이루어지고 있다.[1, 2]

오존을 발생시키는 방법으로는 전기 방전법, 적외선법, 전기 분해법 그리고 화학적 방법 등이 있으며, 이 방법들 중 2차 공해를 발생시키지 않는 전기 에너지를 이용하는 방법이 주된 관심의 대상이 되고 있다. 방전을 이용한 오존 발생 방법에는 무성 방전(silent discharge)을 비롯하여, 연면 방전(surface discharge) 그리고 스트리머 코로나 방전(streamer corona discharge)등의 다양한 방전양식을 이용할 수 있으나, 이 중에서 무성방전이 가장 효율적인 것으로 알려져 있고, 또한 현재 산업에 가장 많이 이용되고 있다.

무성방전은 한 쌍의 전극에 한쪽 또는 모두의 전극 표면에 유리나 알루미나와 같은 유전체로 감싸고 교류 전압을 인가할 때, 방전개시와 함께 발생한 전자 및 정 이온이 전극으로 유입되지 않고 유전체에 축적되어 벽전하로 작용함으로써 방전의 효율성을 높일 수 있는 방전 양식이다.

그러나 무성 방전은 방전이 시간적으로나 공간적으로 매우 불규칙하게 발생하여, 방전전압 및 전류

\*경성대학교 전기전자공학과  
(부산시 남구 대연동 경성대학교,  
Fax: 051-624-5980,  
E-mail: 0195970106 @ hanmail.net  
djkwak @ star.ks.ac.kr)

의 정의가 어렵고 따라서 효과적인 오존 발생을 위해 무성 방전의 철저한 연구가 선행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 알루미늄 반응기를 중심으로 파이렉스와 석영 유전체를 삽입한 각종 반응기에 대한 무성 방전 특성을 규명하여, 효율적인 오존 발생 및 오존발생의 정밀 제어를 추구하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

그림 1은 무성 방전 특성을 조사하기 위한 실험장치의 구성 및 개략도를 나타낸다.

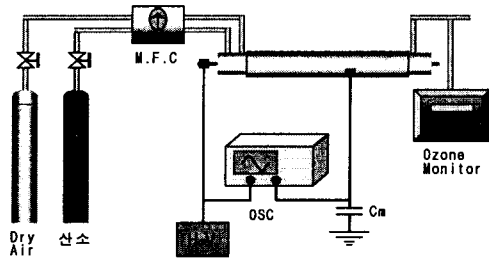


그림1. 무성 방전 실험장치의 개략도

우선 원료가스로는 순수산소(순도 99.99%)와 건조공기(산소 21%, 질소 79%)를 사용하였고, 이 원료가스의 공급유량을 조절하기 위해 MFC(Mass Flow Controller)를 이용하였다. 교류 고전압 발생장치(30 kV, 60kVA)로부터 전압이 방전관에 인가 될 때, 방전관에서 일어나는 무성방전 특성을 알아보기 위해 오실로스코프(HP54540A)를 사용하였으며, 또한 고전압 푸르부(Tektronix P6015A)와 전류 푸르부(Tektronix TM502A)가 오실로스코프에 연결되어 사용되었다.

그림 2는 제작된 방전관의 개념도를 나타낸다. 리액터 1은 Quartz를 유전체로 리액터 2는 Pyrex를 유전체로 리액터 3은 Pyrex에 bead를 충전하여 사용하였고, 마지막으로 리액터 4는 알루미늄을 사용하였다. 이들 리액터의 방전 갭은 리액터 1, 2, 4는 2mm로 하였고, 리액터 3은 3mm로 하였다.

한편, 가스유량은 각각 5 l/min, 10 l/min, 15 l/min으로 방전관에 주입하여 방전특성 및 오존발생 특성에 미치는 유량의 효과를 고찰하였다.

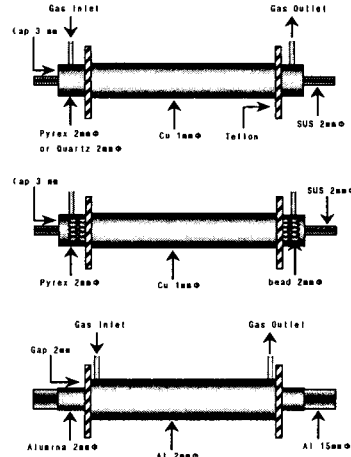


그림2. 오존발생기의 구조

## 3. 실험 결과 및 고찰

그림 3은 전형적인 방전전류와 방전전압의 파형을 보여주고 있다.

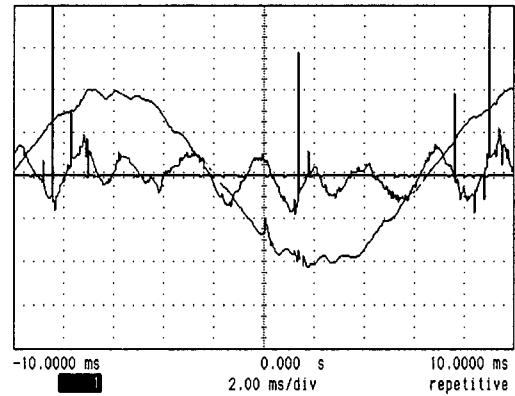


그림3. 전형적인 전압·전류파형

그림으로부터 인가전압의 반주기 동안에는 인가전압이 증가하여 최대치에 이를 때까지 전류가 발생하여 흐르다가, 전압이 감소하면 전류는 멈추게 되는 과정이 반복되고 있으며, 교류전압의 1주기에 방전 구간과 방전휴지구간이 각각 2회씩 존재하는 전형적인 무성방전이 발생함을 알 수 있다. 또한 본 연구에서 제작된 방전관은 유전체의 종류에 관계없이 전압이 양의 상승구간과 음의 상승구간에서 전류펄스가 발생함을 알 수 있었다.

전류의 발생은 발생의 위치나 크기의 면에서나 매우 불규칙하였으며, 전류는 전압이 상승하는 동안 매우 짧은 약 수ns 정도의 지속시간을 나타내고 있음을 알 수 있어, 본 연구에서의 방전시의 전류는 주어진 전압 및 유량 조건 하에서 여러 차례 시간적으로 파형을 분할하여 전압인가 시 일어나는 전류의 한 주기 동안의 평균치를 정의하였다. 그림 4는 불규칙적인 전류 파의 형성을 보여주는 하나의 전류 파를 확대한 것이다.

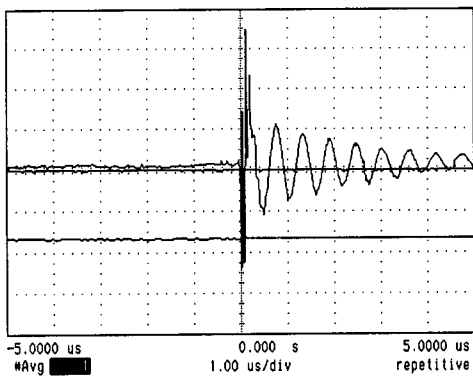


그림4. 전류 펄스파

그림 5는 알루미늄을 유전체로 사용한 방전관의 전압-전류특성을 나타낸 결과로써, 유량은 각각 5 l/min, 10 l/min, 5 l/min였다.

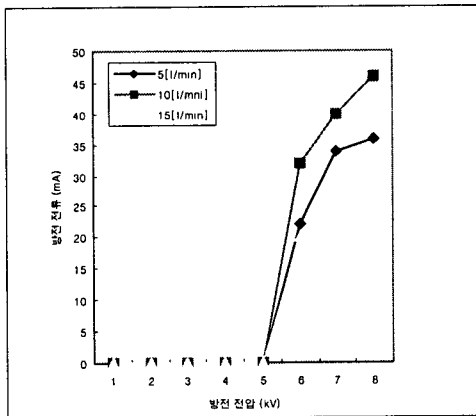


그림5. 유량에 따른 무성방전시의 전압-전류 특성

위의 결과로부터 방전은 유량에 관계없이 6kV에서 발생하며, 이후 인가전압의 증가와 함께 단조 증

가하고 있음을 알 수 있다..

하지만, 유량에 따른 방전 전류는 같은 전압 하에서는 15 l/min, 5 l/min, 10 l/min 순으로 높게 나타났다.

그림 6의 그래프는 유량을 10 l/min로 일정하게 두고, 유전체에 특성 따른 방전 전류를 알아본 것이다.

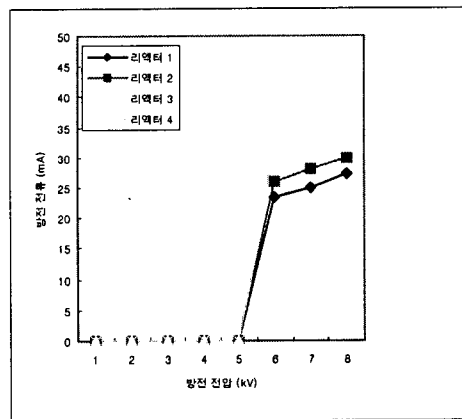
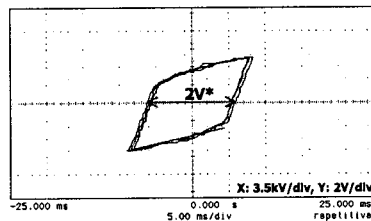


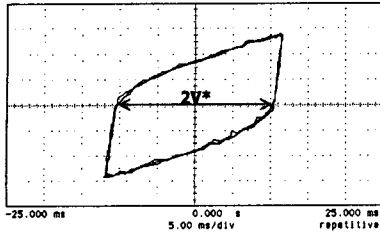
그림6. 유전체에 따른 무성방전시의 전압-전류특성

위 결과로부터 방전전류는 방전관내에 삽입된 유전체의 유전율에 의해 크게 좌우되며, 유전율이 가장 높은 알루미늄의 방전 전류가 가장 높음을 알 수 있다.

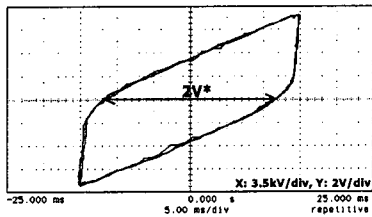
한편, 무성방전은 유전체를 개재하여 발생하므로 방전 공간 내부 전압의 변화를 직접적으로 논하기는 곤란하며, 특히 유전체에 축적되는 벽전하가 방전의 발생 및 유지에 대단히 중요한 역할을 하므로 무성방전 특성의 정확한 해석을 위하여 리사쥬 도형에 의해 축적되는 전하 특성 및 소비 전력특성을 추정함이 필요하다.



(a) 방전 유지 전압: 3.5[kV]



(b) 방전 유지 전압: 7[kV]



(c) 방전 유지 전압: 9.1[kV]

그림 7. 전력 특성

리사쥬 도형을 이용한 일정 전압 하의 방전전력의 변화에 대한 한 예로써 원료가스로 순수산소를, 유전체로 알루미늄을 사용한 리액터 4에 대한 결과를 그림 7에 나타낸다.

이때 유량은 10[l/min]였다. 이 리사쥬 도형으로부터 방전관에서 소비되는 전력을 구하면 각각 0.967[W], 3.867[W], 6.537[W]가 되고, 이것은 순수방전관에서 소비되는 전력으로 전압이 상승함에 따라 소모 전력은 거의 선형적으로 상승함을 알 수 있다. 또한 알루미늄 방전관이 타 방전관에 비하여 가장 소비전력이 높았으며, 순수산소가 건조공기에 비해 다소 효율적인 전력소비가 이루어짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 오존 생성량과 무관하지 않을 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 무성방전관을 제작하고 방전관에 삽입되는 유전체에 따른 특성과 소비 전력의 특성 및 전류의 특성에 대해 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 리사쥬 도형의 해석결과, 방전의 개시와 함께 삽입된 유전체에 축적된 전하가 인가 전압의 극성에

따라 반전하여 방전 및 정지를 거듭함으로 전형적인 무성 방전임을 알 수 있다.

(2) 알루미늄 유전체와 10[l/min]의 유량 조건 하에서 가장 활발한 방전이 형성됨을 알 수 있었다.

(3) 방전전류는 방전전압의 증가와 더불어 선형적으로 증가하였다.

#### 참고 문헌

- [1] Bernie M. Penetrante, "Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution", Part B, pp.212~221, 1993
- [2] Shengpei wang, "A Novel Silent Discharge Type Ozonizer using Pulse Density Modulated High Frequency Inverter" Proceedings of the 1999 IEEE Industry Applications Meeting - Volume 2, pp.764~722, 1999
- [3] 이덕출, 황명환, 고전압 플라즈마 공학, 동일출판사, pp.23~63, 1997
- [4] 전춘생, 방전 고전압 공학, 동명사, pp.1~146, 1995