

공기유량에 따른 글로우 방전의 제전 특성

최 상 원

한국산업안전공단 산업안전보건연구원
(2008. 2. 4. 접수 / 2008. 9. 5. 채택)

Ionizing Characteristic of Glow Discharge by Controlled Air Flow Rate

Sang-Won Choi

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA

(Received February 4, 2008 / Accepted September 5, 2008)

Abstract : Glow discharge has lots of attractive properties, such as lower discharge sustaining voltage, no generation of ozone, and so on. And more, ionizer was developed recently using an atmospheric pressure glow discharge. On the other hand, ionizer needs a compressed or blown air to transport ion for charged objects. This air is very useful in explosive hazardous area to prevent the explosion of flammable gas and/or vapor by ignition sources, e.g. electrical spark. In this paper, we investigated the ionizing characteristic of atmospheric pressure glow discharge by controlled air flow rate from 5 liters to 60 liters a minute, and compared with decay time between the corona discharge and glow discharge as a function of some direction and distance from discharge ion source. We confirmed that an air flow rate needs 25 liters a minute to sustain the most suitable atmospheric pressure glow discharge and to increase an ionizing efficiency.

Key Words : atmospheric pressure, glow discharge, air flow rate, ionizer

1. 서론

정전기 제거를 위하여 사용되는 제전기(ionizer)는 전극간의 방전을 위해 이용하는 전원, 방전의 종류 및 이온의 수송 방법에 따라 교류/직류전압 인가식, 방사선식, 송풍식 등으로 그 종류가 다양하다¹⁾.

정전기의 제거를 위한 이온원으로서 주로 전압 인가식 코로나 방전을 이용하고 있으나, 고전압을 이용하기 때문에 감전의 위험성 및 오존의 생성으로 인한 인체로의 유해성 등의 단점을 개선할 목적으로 최근에 와서는 글로우 방전을 이용한 제전기에 대하여 많은 연구가 되고 있다²⁾.

글로우 방전은 일반적으로 수 mmHg 이하의 압력에서 잘 발생되며 코로나 방전에 비해 낮은 방전유지전압, 자속(self-sustain)방전 및 오존생성이 발생하지 않는 특징을 갖지만 정전기 제거를 위한 제전기로의 이용을 위해서는 글로우 방전을 상온·상압 하에서 발생시켜야 하는 기술이 필요하다³⁻⁶⁾.

한편, 제전기에서 발생하는 이온을 제전대상 물체로의 원거리 이송은 압축공기를 이용한다. 이러

한 제전기를 송풍식 제전기⁷⁾라 하며, 이송공기에 의해 이온의 장거리 이송이 가능한 반면 제전효율은 다소 떨어지는 단점이 있으나, 방폭기술 측면에서 볼 때 이러한 이온을 수송하기 위한 공기를 폭발위험장소 밖에서 방전전극으로 공급한다면 폭발위험장소에 비방폭형의 제전기를 설치하더라도 전극간의 방전에 의한 화재·폭발을 방지할 수 있다는 큰 장점을 가진다.

본 논문에서는 글로우 방전을 대기압 하에서 발생시키는 최적의 전극 메커니즘에서 이를 제전기로의 응용(특히, 방폭구조)을 위하여 제전특성에 영향을 미치는 최적의 공기유량 및 제전 유효거리를 실험적으로 규명하고자 하였다.

2. 실험장치 구성 및 실험방법

2.1. 실험장치의 구성

Fig. 1은 대기압 하에서의 글로우 방전을 발생시키는 회로 구성도를 나타낸 것이다. 여기서 Signal Generator(HP 8116A), Amplifier(NF HVA4321, 10kV AC/DC), Variable Resistor(20W/10k Ω) 및 Oscilloscope(LeCroy 9354TM)을 사용하였다^{8,9)}.

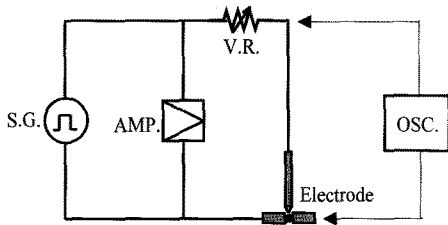


Fig. 1. Generating circuit for atmospheric pressure glow discharge.

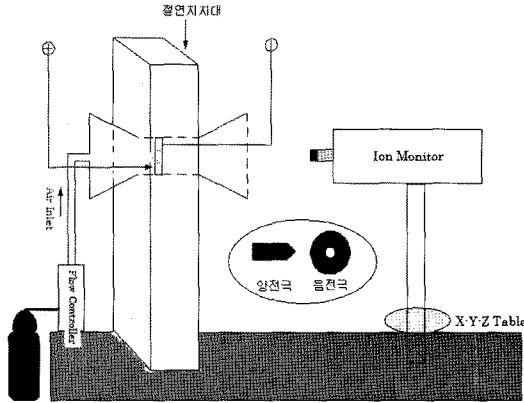


Fig. 2. Configuration of experimental set-up.



Fig. 3. Photo of venturi tube.

Fig. 2는 공기 유량 및 방전전극으로부터의 거리에 따른 대기압 글로우 방전의 특성을 확인하기 위한 실험장치 구성도를 나타낸 것이다. 여기서 구성도는 Fig. 1의 대기압에서의 글로우 방전 발생 실험장치에 공기 유량조절기(Dwyer, 100리터/분 및 25리터/분)와 Ion Monitor(春日電機, NK-7001, 1000V, 99.99sec)를 부가하였다.

Fig. 3은 벤트리 관내(Venturi Tube)에 전극을 부착한 사진이다.

2.2. 실험 방법

Fig. 1에서 양극은 몰리브덴(Mn), 음극은 구리(Cu)를, 인가 주파수는 1kHz, 방전전압은 360V, 방전전

류는 12mA를 유지하였다. Fig. 2에서 공기 유량을 분당 5리터에서 60리터까지 공급하면서 또한, 방전전극의 Venturi Tube 출구 중앙 끝단으로부터 1cm에서 11cm까지의 거리에서 제전시간을 측정하였다. 제전시간은 Ion Monitor의 Target Potential이 1000V에서 100V까지 감소되는 시간을 말한다.

실험에 사용한 공기는 실험의 정확도를 올리기 위하여 일반 대기중의 공기가 아니라 제조공기(습도 0%)를 사용하였다. 공기를 이용하는 것은 제전능력(원거리 이온 수송 및 급속 제전의 이점)의 향상뿐만 아니라 주변의 가연성 물질을 폭발시킬 수 있는 위험원인 방전불꽃의 점화원을 이온 수송용 공기를 이용하여 격리시킬 수 있다는 장점이 있다.

아울러 글로우 방전을 비교하기 위하여 기존의 코로나 방전을 이용한 제전기(Model; SH-F, Input; AC 220V/60Hz, Output; AC 7kV, Power; 15W)와 비교하고자 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 실험 결과

Fig. 4 및 5는 각각의 공기 유량에서 방전전극으로부터의 거리에 따른 글로우 방전시의 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

Fig. 6 및 7은 각각의 거리에서 글로우 방전시의 방전전극으로부터의 유량에 따른 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

Fig. 8 및 9는 글로우 방전전극의 중앙으로부터 각각의 지점(Fig. 8은 유량 5리터/분, Fig. 9 유량 20리터/분)에서 상하좌우로 이동된 위치에서의 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

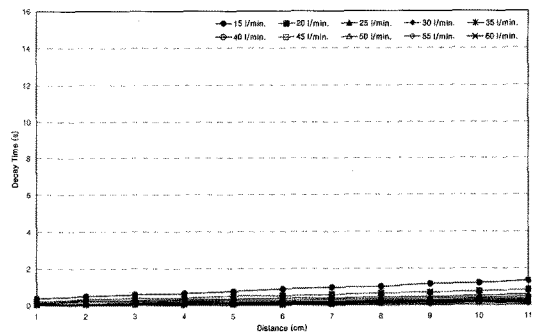


Fig. 4. Decay time as a function of distance from electrode (Air flow rate; 15~60L/min).-Glow Discharge.

공기유량에 따른 글로우 방전의 제진 특성

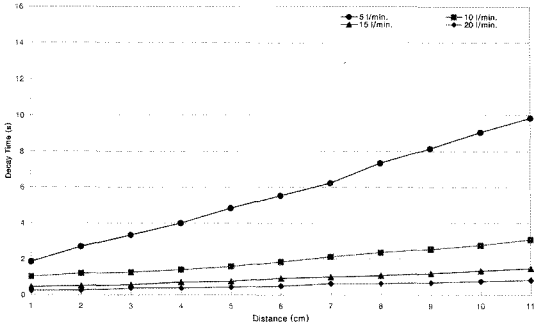


Fig. 5. Decay time as a function of distance from electrode (Air flow rate; 5~20L/min.)—Glow Discharge

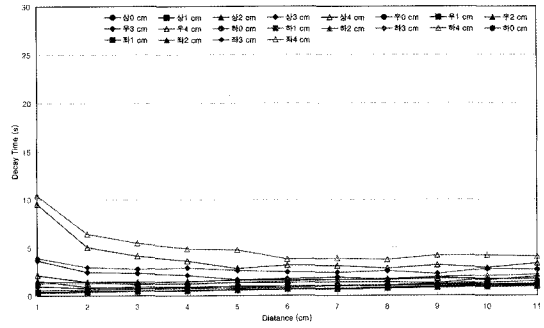


Fig. 9. Decay time as a function of distance and position from electrode (Air flow rate; 20L/min.)—Glow Discharge.

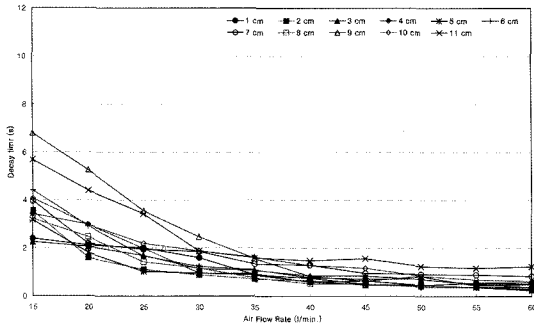


Fig. 6. Decay time as a function of air flow rate (Air flow rate; 15~60L/min.)—Glow Discharge.

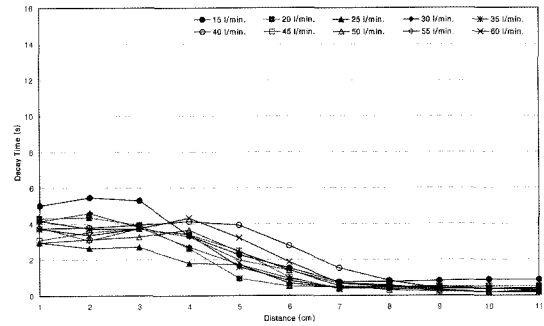


Fig. 10. Decay time as a function of distance from electrode (Air flow rate; 15~60L/min.)—Corona Discharge.

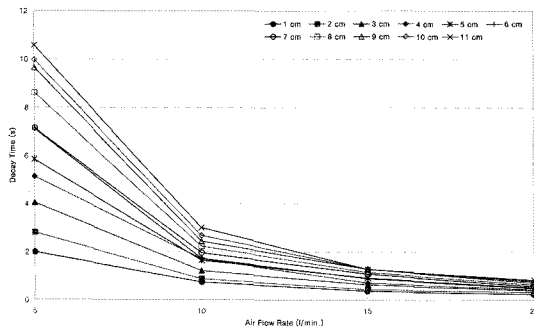


Fig. 7. Decay time as a function of air flow rate (Air flow rate; 5~20L/min.)—Glow Discharge.

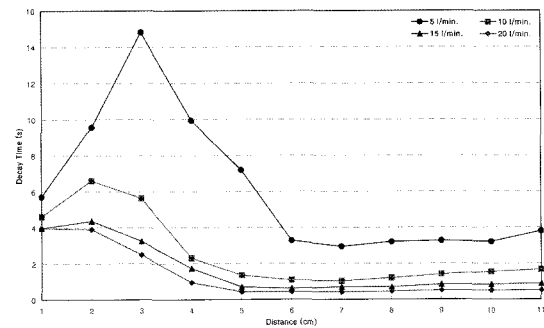


Fig. 11. Decay time as a function of distance from electrode (Air flow rate; 5~20L/min.)—Corona Discharge.

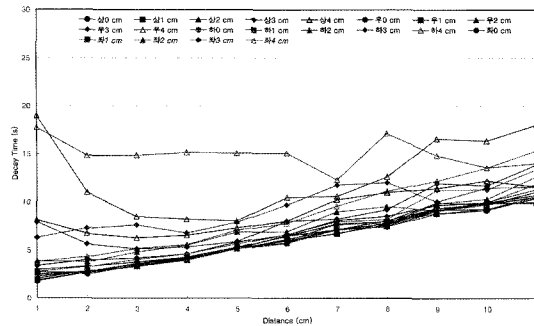


Fig. 8. Decay time as a function of distance and position from electrode (Air flow rate; 5L/min.)—Glow Discharge.

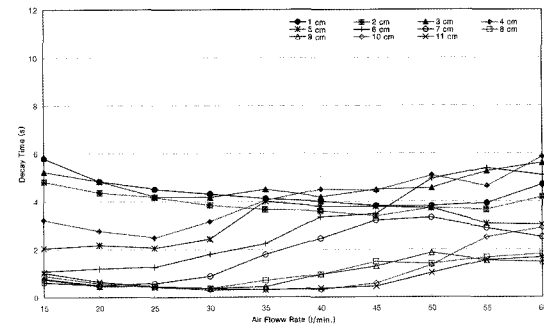


Fig. 12. Decay time as a function of air flow rate (Air flow rate; 15~60L/min.)—Corona Discharge.

Fig. 10 및 11은 코로나 방전시의 각각의 공기유량에서 거리에 따른 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

Fig. 12 및 13은 각각의 거리에서 코로나 방전시의 방전전극으로부터의 유량에 따른 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

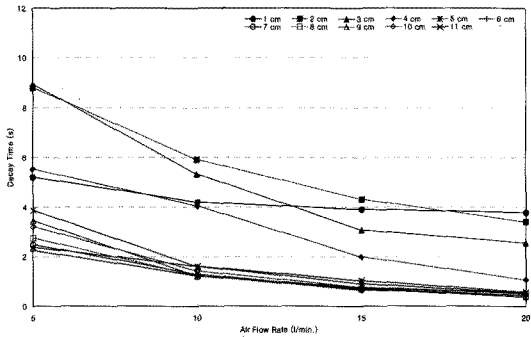


Fig. 13. Decay time as a function of air flow rate(Air flow rate; 5~20L/min.)-Corona Discharge.

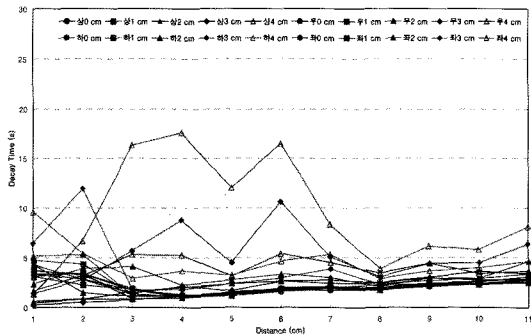


Fig. 14. Decay time as a function of distance and position from electrode(Air flow rate; 5L/min.)-Corona Discharge.

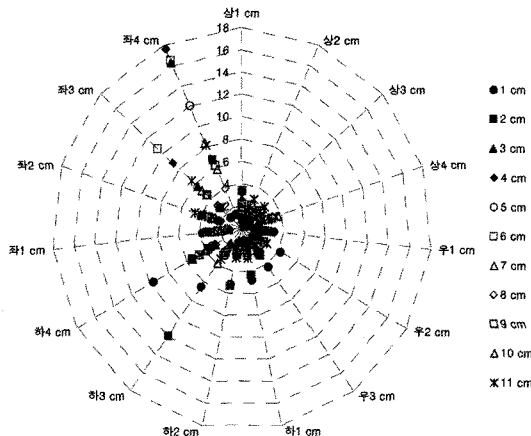


Fig. 15. Decay time as a function of distance and position from electrode(Air flow rate; 5L/min.)-Corona Discharge.

Fig. 14 및 15는 코로나 방전전극의 중앙으로부터 일정 거리의 각각의 지점(유량 5리터/분)에서 상하좌우로 이동된 위치에서의 Ion Monitor의 Target Potential의 시간변화 특성을 나타낸 것이다.

3.2. 결과 고찰

(1) 글로우 방전 특성의 실험결과로부터 다음과 같은 것들을 확인할 수 있었다.

- Fig. 4~7에서 공기 유량이 많은 경우(20리터/분~60리터/분)에서는 제전시간이 거리 및 유량의 크기에 따라 확연하게 구분되는 것은 아니지만, 공기 유량이 적은 경우(20리터/분 이하)에서는 거리 증가 및 유량 감소에 따라 제전시간은 선형적으로 증가하였다. 제전시간에 영향을 미치는 공기유량의 한계 값은 전극에 공급하는 공기유입부의 형상 등에 의해 이 값은 달라질 것으로 판단된다.
- Fig. 8~9에서 방전전극으로부터 거리 및 위치변화에 따른 제전시간은 방전전극으로부터 중앙의 위치에서 제전시간이 가장 짧았으며, 방전전극으로부터 거리가 멀어질수록 또한 방전전극의 중앙을 벗어날수록 제전시간은 중앙의 위치에서보다 길어졌다. 또한 공기유량이 많을수록 제전시간은 감소하였다.

(2) 기존 코로나 방전 실험결과로부터 다음과 같은 것들을 확인할 수 있었다.

- Fig. 10~13에서 공기 유량에 따른 제전시간은 글로우 방전과 유사한 경향을 보였으나, 방전전극으로부터 대략 6~7cm 이하에서는 제전시간이 크게 증가한 후 다시 낮아져 6~7cm 이상에서는 거의 일정하게 유지되었다. 이는 고전압 인가식 제전기를 제전 대상 물체에 설치할 경우 이격 거리를 6~25mm 이내로 설치하여야한다는 기술적 기준¹⁰⁾을 만족하고 있다는 것을 확인하였다.
- Fig. 12~13에서 동일 거리의 측정지점 좌우상하에서의 큰 차이가 발생하는 것은 제전기에 공급되는 공기 공급부와 전극의 배치가 서로 달라 외류 및 설치형태에 기인된 차이로 추정된다.

(3) 글로우 방전 특성과 코로나 방전 특성 실험 결과로부터 다음과 같은 것들을 확인할 수 있었다.

- 글로우 방전(Fig. 4)과 코로나 방전(Fig. 10)에서 거리에 따라 제전특성은 반대의 경향을 보였다. 이는 동일한 유량에서도 글로우 방전에

공급되는 공기형태(Venturi Tube 이용)와 코로나 방전에 공급되는 공기형태(Polyethylene Tube 이용)가 달라 발생하는 것으로 판단된다.

· 글로우 방전(Fig. 7)과 코로나 방전(Fig. 13)에서 유량에 따른 제전특성은 유사한 경향을 보였으나, 코로나 방전의 경우 방전전극으로부터 거리(4 cm이하)가 가까운 지점에서는 그 이상의 거리에서보다 제전시간이 크게 증가하였다.

4. 결론

본 논문에서는 코로나 방전에 비해 낮은 방전유지전압, 자속방전 및 오존생성이 발생하지 않는 특징을 갖는 글로우 방전을 대기압 하에서 발생시켜 최적의 전극 메커니즘에서 이를 제전기로의 응용을 위하여 제전특성에 영향을 미치는 최적의 공기유량 및 제전 유효거리를 실험을 통하여 규명하였다. 이를 정리해 보면 다음과 같다.

1) 최적의 글로우 방전을 유지하는 안정화 영역에서 공기 유량은 분당 25 리터 이상에서 제전능력이 뛰어났다. 그러나 이 값은 전극부에 공급하는 공기유입부의 형상에 따라 달라질 것으로 판단된다.

2) 글로우 방전에서 유효 제전거리는 전극으로부터 가까울수록 좋으나, 코로나 방전의 경우는 6~7cm 이상으로 하는 것이 효율적이다.

3) 글로우 방전과 코로나 방전의 제전시간을 비교하면 공기유량이 분당 25리터 이상에서는 거의 비슷하게 나타났으나 방전전극으로부터 약 6cm 이내에서는 글로우 방전의 제전능력이 우수했다.

이상의 결과로부터 대기압 하에서 글로우 방전 최적 메커니즘에서의 제전능력 실험 데이터는 제전기 제작(특히 방폭형) 등에 유용하게 이용될 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 김두현, 김상철 외, 정전기안전, 동화기연, pp. 183~185, 2001.
- 2) A. Ohsawa, "Neutralization of Static Charge by an Atmospheric Pressure Glow Discharge", 산업안전보건연구원 한·일공동세미나 발표자료집, pp. 45~51, 2003.
- 3) 電氣學會放電ヘンドブック出版委員會編, 放電ヘンドブック, pp. 150~152, 1999.
- 4) Satico Okazaki et al., "Appearance of Stable Glow Discharge in Air, Argon, Oxygen and Nitrogen at Atmospheric Pressure Using at 50 Hz Source", J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 26, No. 5, pp. 889~892, 1993.
- 5) Nicolas Cherardi and Francoise Massines, "Mechanisms Controlling the Transition from Glow Silent Discharge to the Streamer Discharge in Nitrogen", IEEE Trans. on Plasma Science, Vol. 29, No. 3, pp. 536~544, 2001.
- 6) E. E. Kunhardt, "Generation of Large-Volume, Atmospheric-Pressure, Nonequilibrium Plasmas", IEEE Trans. on Plasma Science, Vol. 28, No. 1, pp. 189~200, 2000.
- 7) 靜電氣電氣學會編, 靜電氣ヘンドブック, pp. 390~391, 1998.
- 8) 최상원, 大澤 敦, 이해근, 이관형, "글로우 방전의 메커니즘과 점화위험성의 고찰", 한국안전학회 추계학술발표회 논문집, pp. 397~402, 2004.
- 9) 최상원, 박재석, 이해근, "대기압 글로우 방전의 안정화에 대한 실험적 연구", 한국안전학회 추계학술발표회 논문집, pp. 438~443, 2006.
- 10) 정전기 재해예방에 관한 기술지침, KOSHA Code E-06-2001, 2001.