

강유전체 충진 선대선 방전갭의 코로나 방전 및 오존 발생특성

신정민 · 배창환 · 안창진 · 이종훈 · 문재덕
경북대학교 일반대학원 전기공학과

Corona Discharge and Ozone Generation Characteristics of a Wire-to-Wire Gap with a Ferroelectric Pellet Bed

Jung-Min Shin · Chang-Hwan Bae · Chang-Jin Ahn · Jong-Hoon Lee · Jae-Duk Moon
Department of Electrical Engineering, Kyungpook National University

Abstract - Surface corona discharge characteristics of a ac corona charged ferroelectric pellet barrier have been investigated experimentally. Electric charged stored on the surfaces of the ferroelectric pellets by a ac corona discharge provide partial electric fields on the surfaces of the ferroelectric pellets, which could generate surface corona discharges on the ferroelectric pellets. This system utilizes both the surface discharges on the ferroelectric pellet barrier and the corona discharge between wire electrodes.

As a result, in the case of the corona discharge with the ferroelectric pellet barrier, the mean corona current and ozone generation increase greatly, and the surface discharges on the ferroelectric pellets can be generated efficiently. It is also found that, the ferroelectric pellet barrier discharge reactor had better discharge characteristics for plasma generation than the wire-to-wire discharge reactor without pellets.

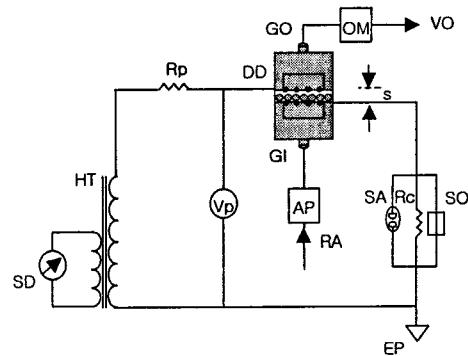
1. 서 론

비열 방전 플라즈마의 전기 물리화학적 작용을 이용, 낮은 비용으로 유해가스인 NO_x, SO_x, CO₂, VOCs, CFCs 등을 효과적으로 제거할 수 있음이 밝혀져 이에 대한 많은 연구가 국내외에서 수행되어 왔다.[1-7] 그리고, 비열 방전 플라즈마 발생장치로 유효하게 쓰이고 있는 코로나 방전장치는 기하학적 구조에 따라 방전선형, 유전체 장벽 방전형, 강유전체 충 방전형 등으로 크게 나뉘어 개발되어 왔다.[8] 그러나 이와 같은 비열방전 플라즈마발생장치는 여려 가지 장점에도 불구하고 실제 적용은 미진한 실정이다.[9]

본 연구에서는, 새로운 강유전체 충 방전 구조를 갖는 강유전체가 충진된 선대선형 방전장치를 제안하였다. 강유전체 충을 선전극간에 설치한 선 대 선전극형 구조에 교류전원 인가함으로써 선 대 선 사이의 부분방전과 강유전체 충 표면에 축적되는 공간전하들 간의 국부 마이크로방전을 복합적으로 이용하고자 하였다. 코로나 방전에 의해 생성된 공간전하들이 강유전체구의 표면에 축적되면, 강유전체구는 분극화되고, 강유전체구 충 사이에 강한 국부전계를 형성시킨다. 이러한 공간전계가 코로나 방전에 의해 공간전하들이 계속 강유전체구 상에 축적됨으로써 임계치 이상($E \geq 30kV/cm$)이 되면 강유전체구 충 사이에 표면방전을 일으키게되며, 결국, 불평등 전계 사이의 코로나 방전에 강유전체구 충 사이의 표면방전이 합쳐져 이중 방전의 효과를 가져오게 될 것이다.

본 연구는 효과적인 강유전체 충방전 장치개발을 위한 기초연구로서, 강유전체구 충을 선 대 선 방전갭에 설치했을 때 방전선 코로나 및 강유전체 표면상의 마이크로 방전 및 오존 발생 특성에 미치는 강유전체 충의 영향을 실험적으로 연구 검토한 결과이다.

2. 실험장치 및 방법



AP :	air pump	Ri :	current resistor
EP :	earthing point	s :	corona gap spacing
HT :	high voltage trans	SA :	surge arrester
GI :	gas inlet	SD :	ac slidacs
GO :	gas outlet	SO :	storage oscilloscope
OM :	ozone monitor	DD :	discharge device
RA :	room air	Vm :	applied ac voltage
RC :	charging resistor	VO :	gas vent out

그림 1 강유전체구 충을 이용한 선 대 선형 코로나 방전장치 실험 개략도

그림 1은 본 실험에 사용된 강유전체구 충방전 구조의 코로나 방전 장 실험 개략도이다. 강유전체구 충을 이용한 코로나 방전 장치는 절연 실린더에 Teflon Holder를 사용하여 선 대 선 구조의 방전장치를 설치한 것으로, 코로나 전극(corona wire)을 Teflon Holder에 고정하여 선 대 선 사이에 강유전체구 충을 상설시킨 구조를 가진다. 즉, 코로나 전극의 상하 공격을 가변 할 수 있도록 구성된 선 대 선형 방전장치로서 선과 선전극 사이에 강유전체구(ferroelectric pellet barrier; FEP)를 설치하였다. 두 코로나 전극 사이에 교류 고전압을 인가하여 인가 전압과 방전전류를 보호저항(R_p , $10M\Omega$)과 직렬로 연결된 전류 측정용 정밀저항(R_i , $10.00k\Omega$)을 사용하여 측정하였다. 인가 전압 및 코로나 전류는 축적형 오실로스코프(Tektronix Model TDS340A)와 DVM(Fluke Model 79III) 및 고주파 고전압 프로브(Tektronix Model P6015A 1000:1 probe)를 사용하여 측정하였다. 발생 오존 농도는 저농도와 고농도의 오존 모니터(Dasibi Ozone Monitor Model 1108 and Model DY-1500)로 측정하였다. 본 실험은 전극간의 거리, s 를 4mm로 고정하고 강유전체구를 단층으로 쌓아서 에어 펌프(air pump)로 실내공기(25°C , 80%RH)를 동일 온, 습도 하에서 $1\ell/\text{min}$ 의 동일유속으로 주입하여 실험하였다.

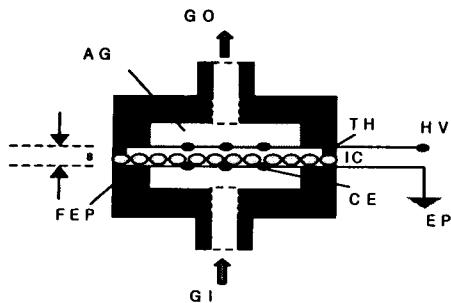


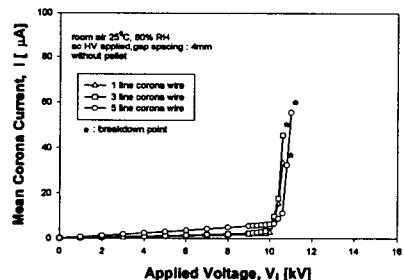
그림 2 강유전체구 충을 이용한 선 대 선형 코로나 방전 장치 구조

IC : insulation cylinder	GI : gas inlet
AG : air gap	GO : gas outlet
CE : corona electrode	HV : ac high voltage
EP : earthed point	s : gap spacing
FEP: ferroelectric pellet	TH : teflon holder

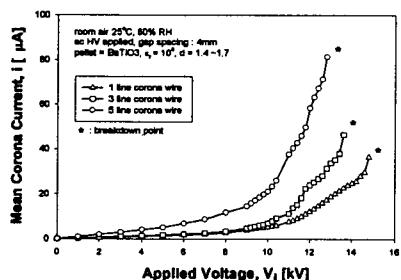
그림 2 강유전체구 충을 이용한 선 대 선형 코로나 방전 장치 구조

그림 2는 선 대 선형 코로나 방전 장치 구조이다. 코로나 전극은 1개의 선으로 이루어진 선 전극, 3개의 선으로 이루어진 선 전극, 5 선으로 이루어진 선 전극을 사용하였다. 또한 직경이 1.4~1.7mm인 강유전체구 ($BaTiO_3$, $\epsilon_r = 10,000$)을 코로나 선이 설치된 선 대 선 코로나에 방전 장치에 설치시키고 전극 간격은 테프론 홀더(teflon holder)를 사용하여 고정시켰다. 또한 선 전극에 사용된 선의 직경은 0.1mm를 사용하였으며 방전장치의 전체 직경은 50mm으로 하여 실험하였다.

3 실험결과 및 고찰



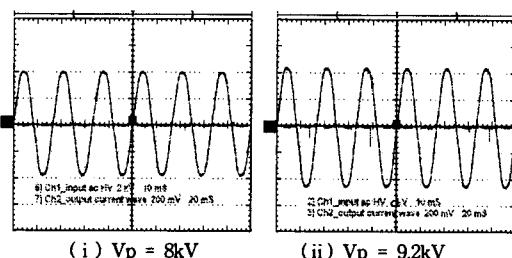
(a) without pellet



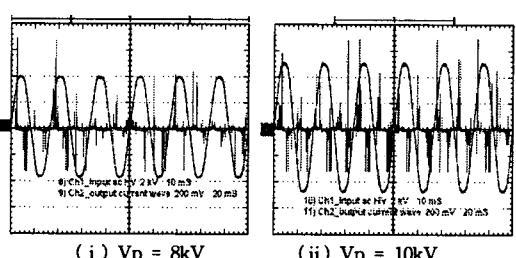
(b) with pellet

그림 3 강유전체구 단충 유무 및 코로나 전극에 따른 I-V 특성

그림 3.(a)는 강유전체구 단충이 없을 경우 코로나 전극의 형태에 따른 코로나 전류 특성을 인가전압을 변수로 하여 나타낸 것이다. 평균 코로나 전류는 강유전체구 단충이 없는 경우, 인가 전압의 증가에 따라 서서히 증가하는 전형적인 I-V특성을 보여준다. 5개의 선으로 이루어진 선 전극일 때 다른 경우(1개의 선으로 이루어진 선 전극, 3개의 선으로 이루어진 선 전극)에 비해 인가전압의 증가에 의한 코로나 전류의 증가가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나 강유전체구 단충을 위치시킨 경우(그림 3.(b))는 임계치 이상에서 강한 코로나 방전이 발생하며, 급격히 방전전류가 증가함을 보여준다. 이 경우 또한 5개의 선으로 이루어진 선 전극일 때 다른 경우에 비해 인가전압의 증가에 따른 코로나 전류의 증가가 크다는 것을 볼 수 있다. 이는 강유전체구 충상에 하전 축적된 전하들에 의해 마이크로 방전(micro discharge)이 발생됨을 보여준다.



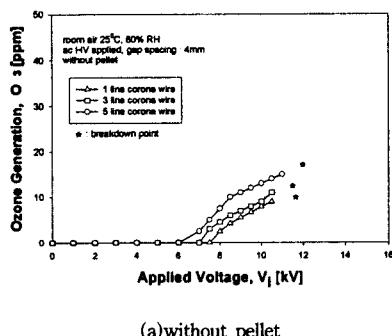
(a) without pellet



(b) with pellet

그림 4 강유전체구 단충 유무에 따른 코로나 전류 및 전압 그래프(3 line corona wire case)

그림 4는 3개의 선으로 이루어진 선 전극을 코로나 전극을 사용하여 breakdown point에서 강유전체구 단층의 유무에 따른 코로나 전류 파형을 나타낸다. 강유전체구 단층이 없는 경우, 코로나 전류 파형이 부(-)극성 방향으로만 약간 증가하는 경향을 보인다. 반면 강유전체구 단층을 위치시킨 경우, 코로나 전류 파형은 강한 코로나 전류가 발생하여 부(-)극성 방향뿐만 아니라 정(+)극성 방향으로도 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 강유전체구 단층이 없을 경우에는 선과 선 사이에서 일어나는 부분 방전만이 존재 하지만 강유전체구 단층이 있을 경우에는 선과 선 사이에서 일어나는 부분방전과 강유전체구에 하전 축적되어 발생하는 마이크로 방전(micro discharge)이 중첩되어서 위와 같은 전류파형이 나타난다고 생각된다.



(a)without pellet

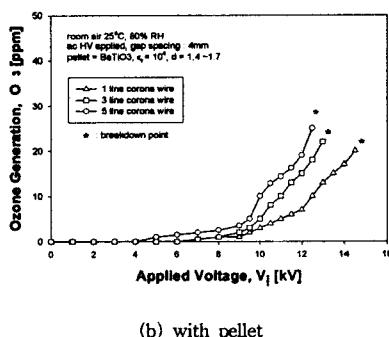


그림 5 강유전체구 단층 유무 및 코로나 전극에 따른 오존 발생량

그림 5는 (a)는 강유전체구 단층이 없을 경우 코로나 전극의 형태에 따른 오존발생량을 인가전압을 변수로 하여 나타낸 것이다. 강유전체구 단층이 없는 경우, 인가전압의 증가에 따라 서서히 오존발생량이 증가한다. 코로나 전류와 마찬가지로 5개의 선으로 이루어진 선 전극일 때 다른 경우(1선 전극과 3선 전극)에 비해 인가전압의 증가에 의한 오존발생량의 증가가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 반면, 그림 5.(b) 강유전체구 단층을 위치시킨 경우는 임계치 이상에서 오존발생량이 급격히 증가함을 보여준다. 이 경우 또한 5개의 선으로 이루어진 선 전극일 때 다른 경우에 비해 인가전압의 증가에 따른 오존발생량의 증가가 크다는 것을 볼 수 있다. 이는 선 전극과 선 전극 사이의 방전뿐만 아니라 강유전체구 층상에 하전 축적된 전하들에 의해 마이크로 방전(micro discharge)이 발생됨을 보여준다.

3. 결 론

본 연구는 효과적인 강유전체 층방전 장치 개발을 위한 기초연구로서, 지금까지 제안되지 않은 새로운 강유전체구 층방전 구조형태인 선 대 선형을 제안하였으며 강유전체의 유무에 따른 코로나 방전에 미치는 영향을 조사하였다. 즉, 강유전체 층이 없을 때와 강유전체 층을 설치했을 때 방전 및 오존 발생 특성에 미치는 강유전체 층의 영향과 선 대 선형 강유전체구 층방전에서 전극의 형태 및 인가전원의 변화가 강유전체구 층의 코로나 하전에 미치는 영향을 실험적으로 연구 검토했던 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 강유전체구 단층이 없는 경우보다 있는 경우가 큰 평균 코로나전류를 발생하여, 강유전체구 층의 설치가 큰 방전전력을 얻을 수 있어서 유효하게 응용될 가능성을 보여주었다.
- (2) 강유전체구 단층이 없는 경우보다 있는 경우가 더 많은 오존발생량을 발생하는 결과를 볼 수 있었다. 이는 선 전극간의 부분방전과 강유전체구 층에 하전 축적된 전하들에 의한 마이크로 방전이 중첩되어 생기는 결과라고 생각된다.
- (3) 3 개의 다른 형태(1개의 선으로 이루어진 선 전극, 3개의 선으로 이루어진 선 전극, 5개의 선으로 이루어진 선 전극)의 코로나 전극을 사용, 인가전압을 변화 시 5 선으로 이루어진 선 전극인 경우가 큰 평균 코로나전류와 많은 오존 발생량을 얻을 수 있었다.

[사사] 이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

참 고 문 헌

- [1] 문재덕, 이근택 : 필스코로나 방전 플라즈마와 수막에 의한 NO 저감, 대한환경공학회지, 16, 2, 149-156(1994).
- [2] Giorgio Dinelli, Lugio Civitano and Masimo Rea : Industrial Experiments on Pulse Corona Simultaneous Removal of NOx and SO2 from Flue Gas, IEEE Trans on IA, 26, 3, 535-541(1990).
- [3] A. Mizuno, J. S. Clement, and R. H. Davis : A Method for the Removal of Sulfur Dioxide from Exhaust Gas Utilizing Pulsed Streamer Corona Electron Energization, IEEE Trans on IA, IA22, 3, 516-522(1986).
- [4] G.Dinelli and M. Rea : Pulse Power Electrostatic Technologies for the Control of Flue Gas Emissions, J of Electrostatics, 25, 23-24(1990).
- [5] T. Oda, A. Kumada, K. Tanaka, T. Takahashi, and S. Masuda : Low-Temperature Atmospheric Pressure Discharge Plasma Processing for Volatile Organic Compounds, Proc. of ESA-IEJ Joint Symp. Electrostatics, 227-235(1994).
- [6] T. Oda, T. Takahashi, H. Nakano and S.Masuda : Decomposition of Fluorocarbon Gaseous Contaminants by Surface Discharge-Induced Plasma Chemical Processing, IEEE Trans on IA, 29, 4, 787-792(1993).
- [7] 금상태, 이근택, 문재덕 : 직류 코로나 하전 된 강유전체구 층의 연면 방전특성, 대한전기학회논문지, 48, 5, 385-390(1999)
- [8] NATO, Advanced Research Workshop on Non-thermal Plasma Techniques for Pollution Control, Cambridge Univ.,England Sept., 21-25, 1992.
- [9] A. Ogata, N. Shintani, K. Mizuno, of Benzene using Non-Thermal Plasma Reactor Packed with Ferroelectric Pellet', Conference Records of IEEE/IAS '97 Annual Mtg., pp.1975-1982, 1997.