

# 雲母薄板/強誘電體小球 複合障壁放電의 플라즈마발생특성

琴 尙澤\* 文 在德

慶北大學校 工科學 電氣工學科

## Plasma Generation of Ferroelectric Ball/Mica Sheet Double Barrier Discharge

Sang-Taek Geum\* and Jae-Duk Moon

Dept of Electrical Engg, Kyungpook National Univ

### Abstract

Basic discharge characteristics of a ferroelectric ball and mica sheet double barrier have been studied for learning the fundamentals of the barrier discharges and for checking the potential to be used as a plasma generator. It is found that plasma generation of the plasma generator was influenced greatly by the dielectric constant of the ferroelectric ball barrier and applied power frequency. As a result, there are optimum conditions of the dielectric constant as a barrier and the applied frequency to generate ozone effectively, which were  $\epsilon_r = 660$  and  $f = 4$  kHz at the present experimental case.

### 1. 序 論

가스상 대기오염물질인 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOCs, CFC등은 非熱 放電플라즈마의 전기물리화학적 작용을 이용함으로써 효과적으로 제거할 수 있어서, 이에 대한 많은 연구가 국내에서 수행되고 있다.<sup>(1-10)</sup>

비열 방전 플라즈마를 얻기 위해서는 급준 펄스코로나 방전<sup>(11-15)</sup>이나 誘電體 障壁放電<sup>(11)</sup>이 주로 검토되어 있으며, 최근 誘電體 層放電이 제안된 바<sup>(12-15)</sup> 있으나 이에 대한 기초 연구는 아직 미진한 실정이다.<sup>(16)</sup>

본 연구는 非熱 방전 플라즈마장치 개발을 위한 기초 연구로서, 새로운 障壁放電構造인 雲母薄板/強誘電體小球 複合障壁放電型을 제안하고, 強誘電體小球의 比誘電率變化와 펄스전원의 周波數變化가 放電 및 오존발생에 미치는 영향을 실험적으로 연구검토한 결과이다.

### 2. 實驗 方法 및 裝置

그림1은 본 실험에 적용된 非熱 플라즈마발생장치와 인가펄스전압  $v_p$  및 펄스전류  $i_p$ 파형을 나타낸 것이다. 제안된 強誘電體障壁 非熱 플라즈마발생장치는 그림1(a)와 같이, 上下電極間의 空隔을 가변할 수 있도록 구성된 平行平板型의 下側電極上에 두께 1 mm의 teflon絶緣板上에 設하고, 중심에 직경 10 mm의 구멍을 뚫어서 空層을 형성하였고, 이 空層內에 強誘電體 小球障壁( $d=1.0-3.0$ mm)을 설치한 것이다. 또한 誘電體 小球 下側과 下側平板電極上에 두께 0.1 mm, 직경 50 mm의 雲母薄板을 介在하여 전극간의 직접 아크 방전의 발생을 억제하였다. 強誘電體 小球은 각각 5종류( $\epsilon_r = 33, 150, 660, 1500, 10000$ )를 單層으로 쌓았으며, 強誘電體 小球 上과 下側전극간의 空隔은 1.5 mm로 고정하여 실험하였다. 본 실험에 사용된 펄스전원은 발진회로, 증폭회로, 스위칭회로 및 고주파 고전압트랜스로 구성된 것으로 주파수를 가변하여 실험하였고, 전원전압 및 방전전류파형을 그림1(b)에 나타내었다.

모든 실험은 電磁遮蔽된 密室에서 수행하였다. 본 플라즈마발생장치에의 引入氣體로는 공업용 공기를 2 l/min의 유속으로 주입하여 실험하였으며, 온습도를 특별히 조

절하지는 않았다.

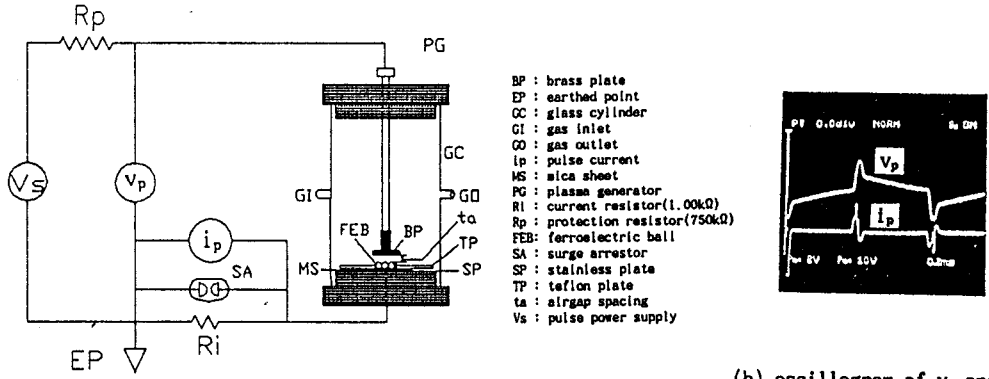
펄스전압 및 펄스전류파형은 축적형 오실로스코프(Goldstar Model OS-3020) 및 고주파 고전압프로브(Tektronix Model P6015A 1000:1 HV probe)를 사용하여 측정하였고, 非熱 플라즈마의 세기는 오존 모니터(Dasibi Ozone Monitor Model DY-1500)로 발생오존량을 측정하여 상호 비교하였다.

### 3. 實驗 結果 및 考察

그림2는 인가펄스전압의 주파수  $f$ 를 0.5-4 kHz로 가변했을 때의 強誘電體 小球障壁의 比誘電率變化에 대한  $i_p-v_p$  특성을 나타낸 것이다. 약 6 kV까지의 전압이 인가되어도 平行平板과 障壁間에는 變位電流만 흐르며, 인가전압이 더욱 증가되면 코로나방전이 개시되고, 이 개시전압 이상에서는 급격한 코로나전류가 발생되어 코로나방전과정이 매우 짧은 것을 보여준다. 각 小球障壁 공히 인가 주파수가 증가함에 따라 코로나 전류도 증가하고 있음을 보여준다. 이는 強誘電體 小球障壁이 주파수의 증가에 따라 상대적으로 방전공간을 단축시키는 작용을 하기 때문으로 사료된다.

5종의 強誘電體 小球障壁의 코로나개시전압은 6-7 kV 사이로서 比誘電率의 變化에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 比誘電率이 33, 1500, 10000인 경우 인가펄스전압이 증가하여 코로나 개시 전압까지 증가하면 곧 바로 굵은 선상의 스트리머 방전이 上側平板과 小球사이에서 발생한다. 반면, 比誘電率이 150, 600 인 경우 障壁에서 코로나, 그리고 스트리머로 안정되게 방전이 진행됨을 볼 수 있다. 효과적인 플라즈마발생장치로서의 안정된 코로나방전을 얻기 위해서는 적절한 인가 펄스 周波數와 적정 比誘電率의 強誘電體障壁이 동시에 필요함을 알 수 있다.

그림3은 5종의 強誘電體 小球障壁의 인가 펄스 전압에 따른 오존 발생량을 인가 펄스 周波數를 변수로 하여 나타낸 것이다. 인가 펄스 전압이 증가함에 따라 발생오존량은 급격히 증가하여 최대값을 가지며, 이 이상의 펄스 전압에서는 급격히 감소함을 보여준다. 이는 強誘電體 小球障壁 上下部에서 주로 발생하는 코로나放電의 活性化增加에 따라 오존발생량도 증가하다가, 인가전압이 더욱



(a) experimental setup

(b) oscillogram of  $v_p$  and  $i_p$   
 ( $v_p = \pm 3.0 \text{ kV}$ ,  $i_p = 1.2 \text{ mA}$ ,  $f = 1.0 \text{ kHz}$ )

Fig 1. Schematic diagram of experimental setup and oscillogram of  $v_p$  and  $i_p$

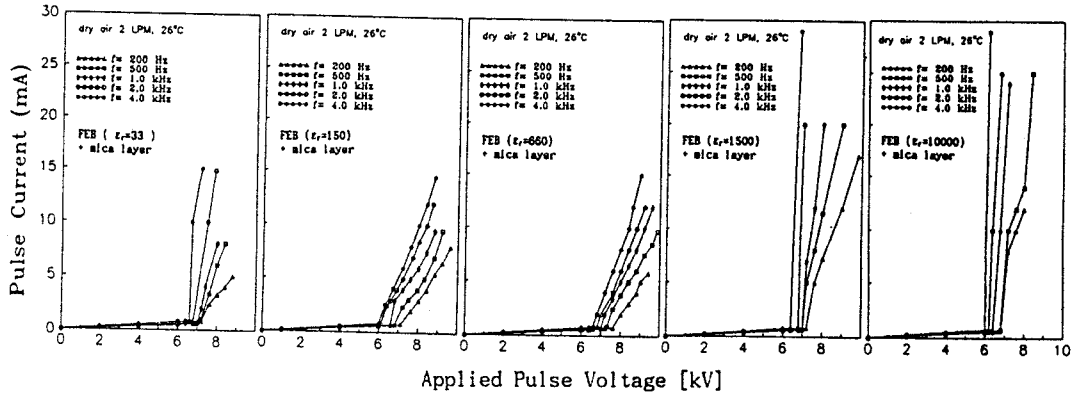


Fig 2.  $i_p$ - $v_p$  characteristics of 5 kinds of ferroelectric ball/mica sheet double barrier as a function of applied pulse voltage and frequency

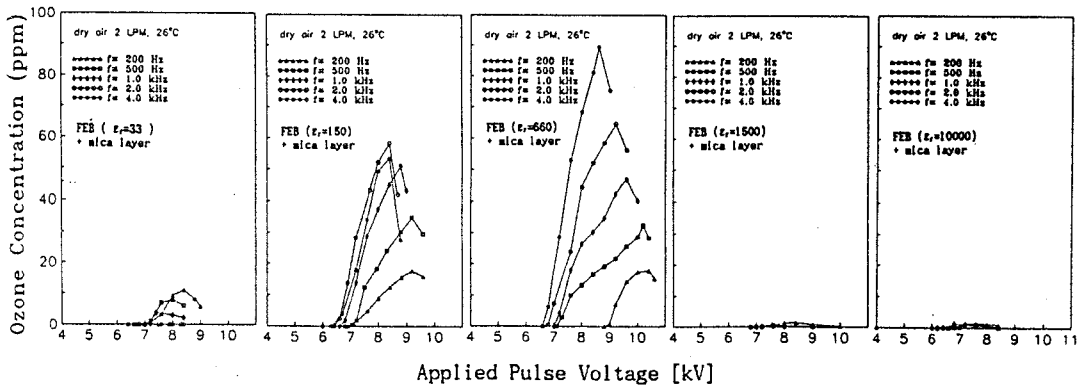


Fig 3. Ozone generation of 5 kinds of ferroelectric ball/mica sheet double barrier as a function of applied pulse frequency

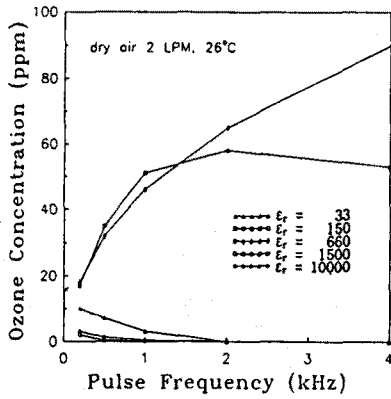


Fig 4. Frequency effect of 5 kinds of ferroelectric ball/mica sheet double barrier to ozone generation

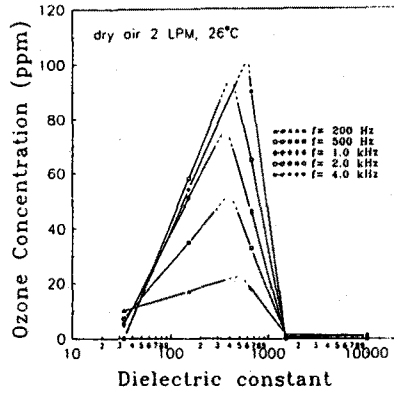


Fig 5. Different dielectric constant effect of 5 kinds of ferroelectric ball/mica sheet double barrier to ozone generation

증가함에 따라 높은 다발성 스트리머 방전에 이르면 오존 발생작용이 크게 감소함과 동시에 발생된 오존도 열로 인한 解離作用이 커져서 오존발생을 크게 감소시키기 때문인 것으로 사료된다.

比誘電率이 150, 660인 경우 周波數의 증가에 따라 많은 오존 발생량을 나타내나 33, 1500, 10000인 경우에는 거의 오존이 발생하지 않았다. 이는 그림2에서 보는 바와 같이 코로나 방전의 진전이 매우 급격하여 유효오존 발생 방전과정이 매우 짧기 때문인 것으로 사료된다.

그림4는 각각의 強誘電體 小球障壁에 대해 인가 펄스 주파수 증가에 따른 오존 발생 특성을 나타낸 것이다. 比誘電率이 33, 1500, 10000인 경우 주파수의 증가에 따라 오존 발생치는 감소함을 알 수 있다. 반면, 比誘電率이 150, 660인 경우 주파수의 증가에 따라 오존 발생량도 매우 크게 증가함을 볼 수 있다.

그림5는 인가 펄스 周波數變化에 따른 強誘電體 小球障壁의 比誘電率變化에 따른 오존 발생량을 보여준다. 오존 발생량은 比誘電率의 증가에 따라 증가하여 최대값을 가지며, 그 이상의 比誘電率에서는 다시 감소하는 추세를 나타내었다. 이는 효과적인 오존발생을 위해서는 적절한 값의 比誘電率을 가져야 함을 보여주며, 본 장치 구조의 경우 가장 적절한 比誘電率은 150-660의 범위임을 알 수 있다.

#### 4. 結 論

非熱 放電플라즈마장치 개발을 위한 기초 연구로서 誘電體 障壁放電構造인 雲母薄板/強誘電體 小球 複合障壁放電에서 強誘電體 小球障壁의 比誘電率과 펄스전원의 周波數變化가 방전 및 오존발생에 미치는 영향을 실험적으로 연구 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 오존발생량은 強誘電體 小球障壁의 比誘電率이 증가함에 따라 증가하는 추세를 보였으나 比誘電率이 660이상에서는 다시 감소하였다. 본 실험에서는 150, 660의 比誘電率을 가진 強誘電體 小球障壁이 유효오존발생에 가장 적절한 誘電體障壁구조임을 알았다.
2. 인가펄스전원의 周波數變化에 따른 雲母薄板/強誘電體 小球障壁의 오존발생특성은 強誘電體 小球障壁의 比誘電率이 150, 660인 경우에서 周波數의 증가에 따라 오존발생량도 증가하였으나, 33, 1500, 10000인 경우에는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다.

3. 본 실험에서 플라즈마 세기의 비교 파라미터로 측정된 발생오존량의 최대값은 強誘電體 小球障壁의 比誘電率이 660, 인가 전원의 펄스周波數가 4 kHz인 경우 약 90 ppm으로, 효율적인 플라즈마 발생장치의 특징인 안정된 코로나방전을 얻기 위해서는 적절한 周波數와 比誘電率이 동시에 만족되어야 함을 알 수 있다.

#### 謝 辭

본 연구는 한국과학재단에서 지원한 목적기초연구사업 94년도 핵심전문연구(관리번호 941-0900-062-2)에 의한 결과의 일부이다.

#### 參 考 文 獻

1. NATO, Advanced Research Workshop on Non-thermal Plasma Techniques for Pollution Control, Cambridge Univ, England Sept 21-25 (1992).
2. 奥原敏夫, 御園生誠; 表面, 28, 2, 87-102 (1990)
3. 文在德, 李根宅; 大韓環境工學會誌, 16, 2, 149-156 (1994).
4. G. Dinelli, et al.; IEEE IA, IA26, 3, 535-541 (1990).
5. A. Misuno, et al.; IEEE IA, IA22, 3, 516-522 (1986).
6. 占部武生, 等; 12, 5, 354-359 (1988).
7. G. Dinelli, et al.; J of Electrostatics, 25, 23-24 (1990).
8. 玉置喜平次, 等; 日本化學會誌, 11, 1580-1596 (1979).
9. T. Oda, et al.; Proc. of ESA-IEJ Joint Symp. Electrostatics, 227-235 (1994).
10. T. Oda, et al.; IEEE IA, 29, 4, 787-792 (1993).
11. M. B. Chang, et al.; J. Appl. Physics, 69, 8, 4409-4417 (1991).
12. A. Szymanski; Ferroelectrics in Plasma Chemistry, Beitr. Plasmaphys. 25, 2, 133-138 (1985).
13. 吉田裕史, 等; 靜電氣學會誌, 13, 5, 425-430.
14. Jae-Duk Moon; 日本靜電氣學會誌, 16, 3, 224-229 (1992).
15. Jae-Duk Moon, et al.; Record of IEEE/IAS 1986 Annual Meeting 1205-1210.
16. 文在德, 琴尙澤; 大韓電氣學會 放電 및 高電壓 研究會 春季學術研究發表會論文集, 131-134 (1995)