

## 대기중에서 구형 유전체 펠렛의 전계 분포 특성 평가

이동훈, 박홍재, 박재윤\*

경남대학교 전기공학과 대학원, 경남대학교 전기전자공학부\*

### The simulation on a electric field distribution of dielectric pellets with a shape of ball at atmosphere

Lee Dong Hoon, Park Honh Jae, Park Jae Youn\*

The post-graduate of Electric Eng. Dept. and Dept. of Electrical & Electronics Eng. of Kyungnam Univ.

#### Abstract

This paper explained electric field distribution's characteristics of dielectric pellets with a shape of ball to voltage. When discharge gap of electrode and input voltage are each 20[mm], 10000[V], the electric field simulation results of dielectric pellets with a shape of ball with relative dielectric constant of several kind measured stronger electric field near electric pellets with a shape of ball of  $\varnothing 5$ [mm] than  $1\varnothing$ [mm] and  $3.33\varnothing$  [mm] at atmosphere. And the maximum electric field of dielectric pellets with a shape of ball over  $\varnothing 5$ [mm] increased about 5[%] to maximum electric field of electric pellets with a shape of ball  $\varnothing 5$ [mm]. And the result of simulation, when relative dielectric constant of dielectric pellets with a shape of ball is 100, it measured about 90[%] of maximum electric field of dielectric pellets with a shape of ball with relative dielectric constant over 1000.

**Key Words** : Silent Discharge, Ceramic, Dielectric.

#### 1. 서 론

오늘날의 사회는 급속한 석유화학 공업의 발전과 인구 증가 및 도시화로 인해 대기 및 수질오염이 각 나라들만의 문제에서 이웃 나라의 국경을 초월하여 국가간에 환경 문제로 부각되고 있으며, 분쟁의 조짐까지 이르고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 환경 연구소와 단체들이 노력 중에 있다. 특히, 수질 및 대기 환경의 개선을 위해 더 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다. 하지만 현재 너무나 다양한 분야에서 다량의 오염 물질이 배출되고 있어, 이를 해결하는 데에는 많은 기술과 시간이 요구되고 있다. 이 오염원들 중에서 반도체 가공에 사용되는 CFC계열의 지구 온난화 물질과 연소나 소각 과정에서 발생하는 발암 물질인 다이옥신 그리고 페인트 등에 다량으로 함유되어 있는 휘발성 유기화합물

(VOCs) 등의 난분해성 유해 가스 및 화학 폐수, 가정 하수, 축산 폐수, 농약 등의 수질 오염원은 심각한 실정이다. 이러한 환경 오염원을 처리하는 방법으로는 화학 약품을 투입하는 방법과 고전압 방전과 침전 등의 전기 물리적인 방법, 미생물을 이용하는 생물학적 방법 등 다양한 오염원을 여러 가지 방법이 이용되고 있다. 이러한 방법들 중에서 전기적인 방전의 한 예로서, 유전체를 이용하는 방전은 현재 오존의 발생, 물의 산성 또는 알카리수로 변환, 난분해성 유해 가스 처리, 수중 세균 처리 등에 다양한 분야에 사용되고 있다. 이러한 유전체 방전의 다양한 변수에 대한 최적 조건을 도출하기 위해 상용 전자계 해석 프로그램인 Flux 2D를 이용하여 다양한 변수에 대한 전계 분포 시뮬레이션을 행하여 최적의 유전체의 구조와 방전 조건을 도출하였다.

## 2. 시뮬레이션

### 2.1 초기 형상 설계 및 전위 분포 해석

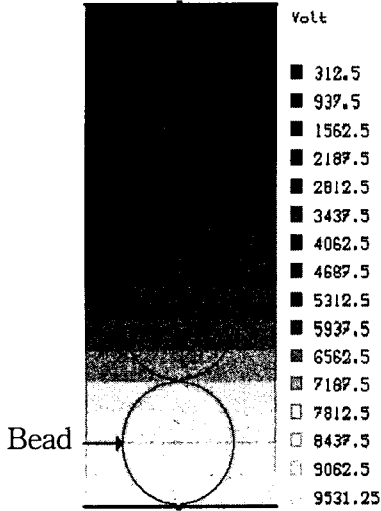


그림 1 시뮬레이션 형상 및 초기 전위 분포  
Fig. 1 Simulation shape and initial potential distribution

그림 1은 대기압 조건에서 유전체를 이용한 방전 시험을 모의한 것으로 상부와 하부 측, 방전 전극 사이의 거리는 20 [mm]이고, 그 사이에 다양한 유전율을 가지는  $\varnothing 5$ [mm] 유전체구를 인가한 경우이다. 그리고 유전체구는  $\varnothing 1$ [mm]의 구를 20개 직렬 형태로 인가하거나 약  $\varnothing 3.33$ [mm]의 유전체구를 6개 직렬 형태로도 인가하여 시뮬레이션을 할 수 있다. 그림 1의 전위 분포 해석 결과는 그림에는 유전체구가 삽입되어 있으나 실제에 시뮬레이션에서는 유전체가 없는 경우로, 대기압 상태에 상부와 하부 전극에 10[kV]의 전위차를 인가할 경우의 전극 사이의 전위 분포를 해석한 것이다. 해석 결과 전극 형상이 평판 전극인 관계로 평등 전계에 의해 전위 분포도 평행의 평등 전위 분포를 나타내고 있다. 이상의 기본적인 평등 전위 분포 특성 결과를 바탕으로 전극 내부의 구조적 형상, 다양한 유전율을 가지는 유전체구 그리고 유전체구의 층간 구조에 대한 전계 및 전위 분포 특성을 상호 비교하여 유전체구를 이용한 최적 방전 형상과 방전 조건을 도출하고자 한다.

## 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

### 3.1 $\varnothing 3.33$ [mm] 유전체구의 유전 분극 특성

그림 2는  $\varnothing 3.33$ [mm] 직렬 유전체구 6개의 전계 분포를 해석한 것으로 최대 전계 지점은 앞서 밝힌 그림 2의 경우와 같으며, 비유전율이 5인 (a)경우 최대 전계는 28.1[kV/cm], 비유전율이 100인 (b)경우 최대 전계는 82.8[kV/cm], 비유전율이 1000인 (c)경우 최대 전계는 90.1[kV/cm], 비유전율이 5000인 (d)경우 최대 전계는 90.4[kV/cm]를 나타내고 있다.

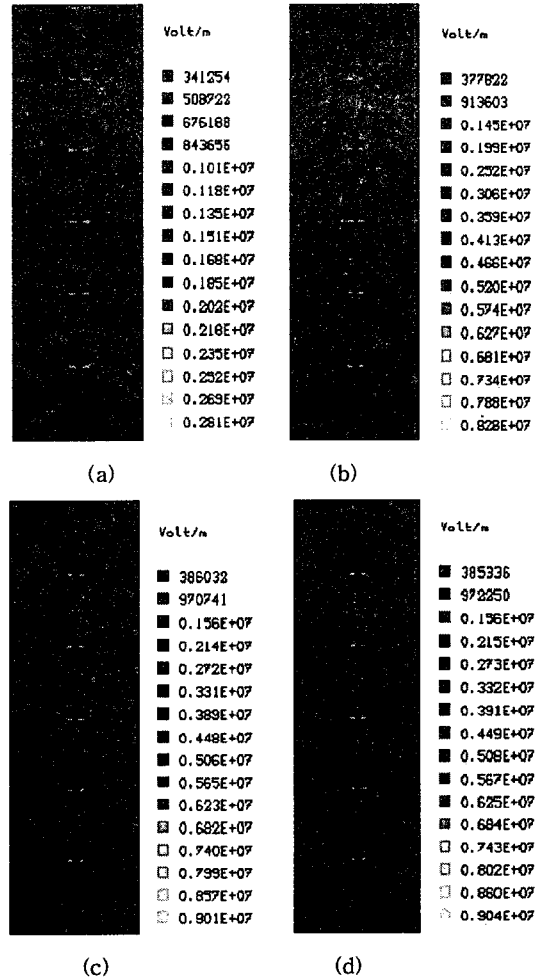


그림 2  $\varnothing 3.33$ [mm] 유전체 펠렛의 전계 분포  
비유전율( $\epsilon_r$ ) : (a) 5, (b) 100, (c) 1000, (d) 5000

시뮬레이션 결과를 살펴보면, 유전체구의 크기가

Ø3.33[mm]에서 4종류의 유전율에 대한 최대 전계는 비유전율 100이상에서 거의 포화되려는 경향을 보여주는 특징이 있다.

### 3.2 Ø5[mm] 유전체 펠렛의 유전 분극 특성

그림 3은 Ø5[mm] 직렬 유전체구 4개의 전계 분포를 해석한 것이다.

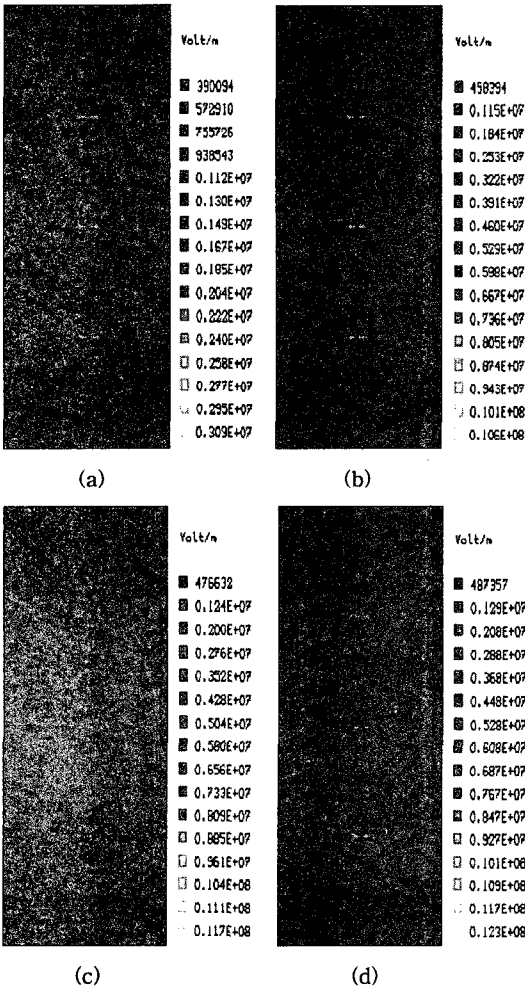


그림 3 Ø3.33[mm] 유전체 펠렛의 전계 분포  
비유전율( $\epsilon_r$ ) : (a) 5, (b) 100, (c) 1000, (d) 5000

시뮬레이션 결과를 살펴보면, 비유전율( $\epsilon_r$ )이 5인 (a)경우, 최대 전계는 30.9[kV/cm], 비유전율이 100인 (b)경우 최대 전계는 106[kV/cm], 비유전율이 1000인 (c)경우 최대 전계는 117[kV/cm], 비유전율

이 5000인 (d)경우 최대 전계는 123[kV/cm]를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 유전체구 Ø5[mm]에서 4종류의 유전율에 대한 최대 전계는 그림 2의 결과와 유사하게 비유전율 100까지는 급하게 최대 전계가 증가하였고, 그 이상의 유전율에서 포화되는 특징을 보여주고 있다. 그리고 Ø10[mm] 유전체구 2개의 시뮬레이션 결과, Ø5[mm]의 유전체구의 최대 전계값과 거의 유사한 수치를 나타내었으며, 평판 전극 형태에서 적층형 유전체구를 이용한 고전압 방전의 경우 유전체구의 크기는 Ø5[mm]내외가 가장 적절한 크기라고 사료된다. 그리고 유전체의 비유전율 약 100정도에서 지구상에서 구할 수 있는 강유전체가 가지는 최대 전계의 약 90[%]정도는 얻을 수 있으므로 특정한 기능을 요구하는 장소 이외에서는 고가의 강유전체를 사용하지 않아도 됨을 알 수 있다.

### 3.3 Ø5[mm] 유전체 펠렛의 공간상의 분극 특성

그림 4는 비유전율( $\epsilon_r$ )이 100인 4개의 유전체구가 공간상에서 상하로 2개가 연결되어 있고, 그 옆면에 2개의 유전체구가 밀착해 있는 경우에서의 전계 분포를 시뮬레이션한 것으로 좌우의 유전체구를 인가하면 유전체구와 유전체구의 접합부의 전계가 도리어 줄어들음을 알 수 있다.

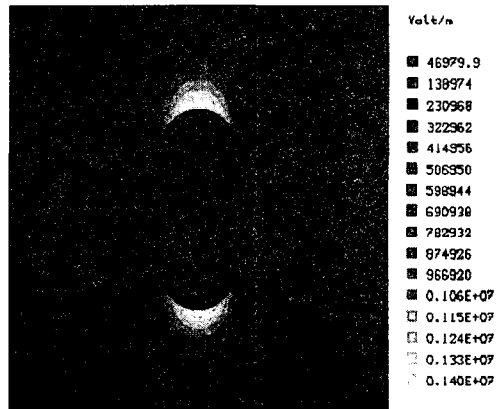


그림 4 Ø5[mm] 유전체 펠렛의 공간 전계 분포  
비유전율( $\epsilon_r$ ) : 100

시뮬레이션 결과를 살펴보면 전극간의 강한 유전 분극을 유발하기 위해서는 유전체구의 위치는 좌우의 유전체와 동일한 높이에 평행 적층 구조가

이상적인 구조임을 예측할 수 있고, 결과적으로 유전체구조를 이용한 방전에서 전반적인 방전 공간에 고전계를 발생하기 위해서는 그림 3와 같이 유전체가 상하로 존재하면서 동일 높이에 평행한 유전체구조가 적층되는 형태가 이상적임을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

전극 사이의 방전 거리 20[mm], 전극 사이의 인가 전압 10000[V]에서 3.33 $\varnothing$ , 5 $\varnothing$ , 10 $\varnothing$ 의 크기에 다양한 유전율을 가지는 유전체구조를 이용한 대기압 상태에서의 유전체구조의 전계 시뮬레이션 결과, 유전체의 크기  $\varnothing$ 5[mm] 부근에서 포화 전계 특성이 나타났고, 그 이상 유전체구조(10 $\varnothing$ [mm])의 크기에 대해서는 5% 이내의 미소한 전계값의 증가가 일어났으며, 유전체구조의 비유전율( $\epsilon_r$ )이 100정도의 상유전체에서도 유전체구조의 비유전율( $\epsilon_r$ )이 1000 이상인 강유전체의 최대 전계치의 약 90[%] 이상을 얻을 수 있는 특징이 있었다. 그리고 유전체구조의 최적 분극 특성을 얻기 위해서는 유전체구조의 위치는 좌우의 유전체와 동일한 높이에 평행 적층 구조가 이상적 구조임을 실험과 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

[1] 이동훈, 박재윤, 박상현, “자계를 이용한 질소 산화물의 제거 효과”, 대한전기학회 전문대학위원회 학술발표, June 2002.

[2] 이동훈, 박재윤, 이현수, “전자계-촉매형 플라즈마 반응기의 질소 산화물 제거 특성”, 전기전자재료학회 논문지, June 2002.

[3] 이동훈, 박재윤, 박상현, “고전압 방전에 의한 이산화탄소의 제거 특성”, 대한전기학회 추계 학술대회, Sep. 2002.

[4] 이동훈 외 2명, “Ti-SiI-Al형 세라믹 촉매 방전관의 오존발생특성 연구”, 조명전기설비학회 논문지, 6호, 제 16권, pp. 130-136, 2002.

[5] 이동훈 외 4명, “수중 직접 방전 전극의 최적 전극 형상 설계”, 대한전기학회 춘계 학술대회, PP. 60-63, April. 2003.

[6] 김용호, 홍상희, “교류 유전체장벽 코로나방전을 이용한 NOx/SOx 분해 실험”, 한국물리학

회지 응용물리 11호, pp. 393-400, 1998.

[7] H. K. Joo, M. S. Jeon, and T. K. Lee, “Photocatalysts : Theory and Its Application”, J. of Korean Soc. of Environmental. Eng., Vol. 21, No. 6, p. 1231, 1999.

[8] 정병석, 신동석, 윤성희, 김병호, “MOD법에 의한 강유전성 SrBiTaO(SBT)박막제조 및 후열처리효과의 연구”, 전기전자재료학회 논문지, 3호, 제 11권, pp. 2296-2300, 1998.

[9] 남효덕, 우동찬, “BaTiO<sub>3</sub> 세라믹스의 절연 파괴 거동에 미치는 기공의 크기와 기공율의 영향”, 전기전자재료학회 논문지, 3호, 제 10권, pp. 1896-1900, 1997.

[10] 김진규, “유전체구조 충전형 전극계의 코로나방전과 강전해수 발생 특성”, 조명전기설비학회 논문지, vol. 16, no. 4, pp. 46-54, July 2002.

[11] 박재윤 외 2명, “비열 플라즈마를 이용한 CF<sub>4</sub> 분해에 미치는 혼합가스의 영향”, 전기전자재료학회 논문지, 6호, 제 15권, pp. 543-550. 1896, 2002.

[12] Woo Seok Kang, Yong-Ho Kim, and Sang Hee Hong, “Spatio-temporal images of single streamer propagation in dielectric barrier discharge”, IEEE Transaction on Plasma Science, pp. 166-167 (2002)