

코로나 대전 일렉트레트로 제작된 초저주파 변환기의 개발

Development of Infra-sonic Transducer Manufactured by Corona Charging Electret

송재열*, 정동회*, 김상걸*, 안준호*, 김성열*, 이준웅**

(Jae-Youl Song*, Dong-Hoe Jung*, Sang-Keol Kim*, Joon-Ho Ahn*, Sung-Yoel Kim*, Joon-Ung Lee**)

Abstract

Recently, electret applications have placed the focus on polymer thin film because electrical properties of a blend are studied.

In this paper, we have measured the infra sonic frequency by using Electret Sensor. Electret is formed by applying the voltage range of -4[kV] to -8[kV] to PTFE film and the sensor is manufactured by moment method to detect the infra-sonic signal.

Electret Infrasonic Transducer, which is designed and manufactured by using of the moment method according to the potential and electric field simulation, shows its promising result, since the average rising rate of sensitivity is 7.68 [dB/oct] under 1[Hz], and the average values are within ± 1 [dB/oct].

As a result, it is believed that the characteristics of acquired transducer can be applied to the medical treatment, the industry, and the animal life researches, and also the study on noise elimination is required.

Key Words(중요용어) : Infrasonic Transducer (초저주파 변환기), Electret Sensor(일렉트레트 센서), sensitivity(감도), noise elimination (잡음 제거), PTFE(Polytetrafluoroethylene)

1. 서 론

일렉트레트¹⁾³⁾⁴⁾는 일렉트레트의 형성 방법에 따라 열 일렉트레트 (Thermo electret), 광 일렉트레트 (Photo electret), 방사선 일렉트레트(Radio electret), 전계 일렉트레트 (Electro electret), 자계 일렉트레트 (Magneto electret), 슈도우 일렉트레트 (Pseudo electret) 등으로 분류 할 수 있다.

본 연구에 사용한 일렉트레트는 재료의 주변 매체에 코로나 대전을 이용하여 일렉트레트를 형성하였다. 이러한 방법을 이용한 일렉트레트는 슈도우 일렉트레트 중에서 코로나 일렉트레트⁶⁾ (Corona electret)로 분류한다.

본 실험에 사용한 고분자 재료는 학명이 PTFE로써 우수한 전하 저장 특성 때문에 일렉트레트의 응용에 널리 사용되고 있다. 특히 현재는 초소형 마이크로폰, 일렉트레트 필터등으로 이용되고 있으며 일렉트레트 정전기 릴레이가 머지 않아 실용화 될 것으로 예상된다.

본 재료의 하전 입자를 규명하기 위하여 열자극 전류 (TSC) 방법을 이용하여 축적 전하량을 측정하였고, 초저주파 센서에 주파수를 인가하여 저주파 센싱 능력에 관해서도 측정 하였다. 또한 여러 가지 물리적인 정수를 대입하여 코로나 대전시 PTFE film 내부의 전력선 분포를 도시하였고, 코로나 대전으로 인한 PTFE 필름의 양쪽 표면에서의 전하 밀도가 일정하다는 가정하에 재료에 트랩된 전하량에 따른 유도 전위를 공간적으로 분석하였다.

실험 결과를 기초로 하여 초저주파 센서로서의 응용범위를 분석하고 활용 방안에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 방법

* : 광운대학교 전기공학과
(서울 노원구 월계동 447-1, Fax: 02-942-0107
E-mail : donghoe@emlab2.kwangwoon.ac.kr)

** : 한국전기전자재료학회장
2000년 5월 15일 접수

2-1. 사용 시료

본 논문에 사용한 시료⁴⁾는 PTFE (Polytetrafluoro-ethylene) 필름으로 두께는 100 [μm] 이며 열 가소성 수지이다.

PTFE 필름은 절연 내력이 좋고 내화학적 및 비접착성도 우수하고 기계적 가공성도 우수한 특성을 갖는 재료로써 C-F 결합력 (114.76[kcal/mole]) 이 크고, F원자가 C-C 결합 (69~79.8[kcal/mole]) 주위에서 공간을 회전하면서 조밀하게 충전되어 있기 때문에 내침투성도 매우 우수하다. 표1은 PTFE의 각종 물리적 상수를 나타내고 있으며, 그림1에 PTFE의 분자 모델을 도시하였다.

성 질	단 위	값
밀 도	[g/cm ³]	2.245
결 정 도	[%]	81.0
용 점	[$^{\circ}\text{C}$]	327
비유전율		2.5
유리전이온도	[$^{\circ}\text{C}$]	126
표면저항	[M Ω]	3.6×10^9
체적저항	[$\Omega \cdot \text{cm}$]	10^{13}

표1. PTFE의 물리적 상수

T1. Physical Constants of PTFE

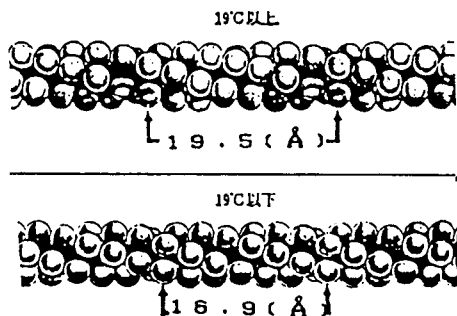


그림1. PTFE의 분자 모델

Fig1. Molecular Model of PTFE

2-2. 초저주파 측정 시스템

초저주파의 특성은 모든 면에 대하여 동일한 압력으로 작용하게 되어 측정 오차가 크게 발생할 수 있다. 이러한 측정 오차를 줄이기 위하여 Chamber를 사용한다. Chamber는 외부의 진동이나 잡음의 영향이 거의 없도록 제작하여야 한다. 제작한 Chamber를 스피커와 센서의 사이에 직렬 연결한다.

Function Generator는 출력 임피던스가 매우 낮기 때문에 스피커에 직접 연결하는 경우에 유도성 리액턴스 값의 변화에 따라서 흐르는 전류값이 변하게 된다. 따라서 주파수가 낮아지면 유도성 임피던스가 0[Ω]에 접근하여 스피커를 손상시킬 수 있다. 스피커를 정전류 형태로 구동시키기 위하여 저항 성분만의 임피던스 100[Ω]을 스피커와 Function Generator 사이에 연결한다.

그림2는 초저주파 측정 시스템을 나타내고 있다.

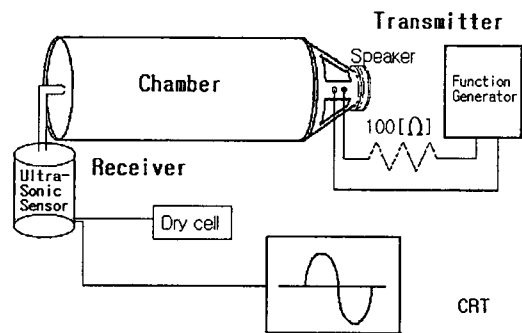


그림2. 초저주파 측정 시스템

Fig2. Infra-sonic measurement System

2-3. 코로나 대전 방법

본 실험에서는 다음과 같은 방법으로 코로나 대전³⁾ 시켰다.

- 첫째, 칼날과 시료의 거리를 0.5[mm]로 유지한다.
- 둘째, AI 원통형 전극에 PTFE 시료를 장착한다.
- 셋째, 시료를 3[cm/sec]로 회전시킨다.
- 넷째, 압실에서 -4~-8[kV]의 직류 전압으로 대전 시킨다.

2-4. 센서의 구조

그림3은 저주파 센서의 내부 구조²⁾를 나타내고 있다.

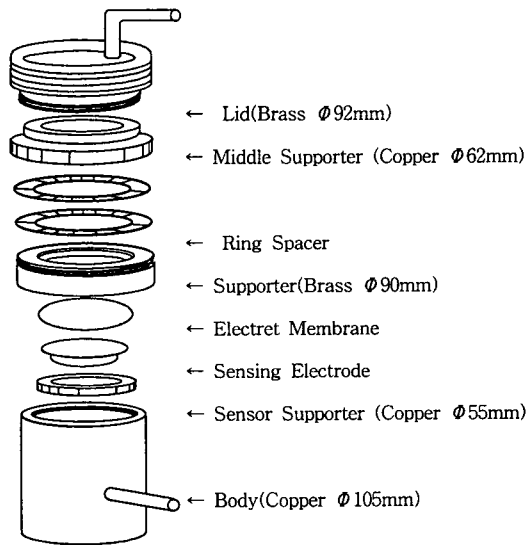


그림 3. 센서의 구조
Fig 3. Structure of Sensor

3. 실험결과 및 고찰

3-1.TSC 측정

코로나 대전시킨 시료를 항온조내의 상부 전극과 하부 전극 사이에 고정 시키고 항온조내를 진공으로 유지시키면서 질소 가스를 넣어서 대기압으로 만든다. 그리고 항온조 주위에 액체 질소 가스를 이용하여 온도를 $-100[^\circ\text{C}]$ 까지 급냉시킨 후 $5[^\circ\text{C}/\text{min}]$ 의 등온 속도를 유지하면서 온도 상승에 따른 TSC를 측정하였다. 그림4는 TSC의 측정 결과를 나타내고 있다.

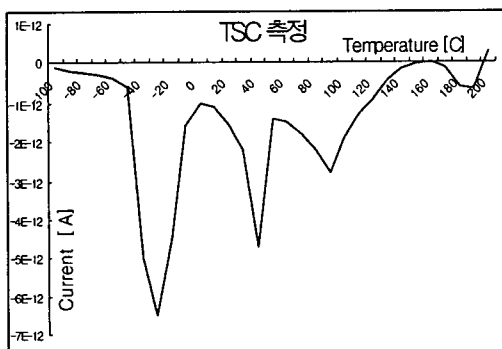


그림4. TSC 측정.
Fig4. TSC measurement

그림4에서 알 수 있듯이 대전된 시료로부터 4개의 피크를 관측할 수 있다. α , β_1 , β_2 , 그리고 γ

의 4개 피크를 얻었다. $180[^\circ\text{C}]$ 의 α 피크는 측쇄의 회전 운동에 의하여, $90[^\circ\text{C}]$ 와 $40[^\circ\text{C}]$ 의 β_1 과 β_2 는 쌍극자들의 탈분극에 의하여 그리고 $-30[^\circ\text{C}]$ 의 γ 피크는 트랩된 전자들의 탈분극에 의한 것으로 설명할 수 있다.

3-2. 초저주파 응답특성

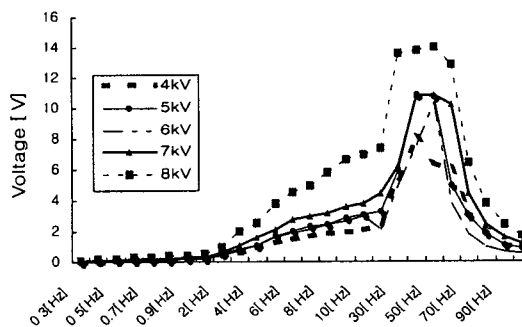


그림5. 코로나 대전 전압별 응답 특성 곡선
Fig5. Response curve for corona charge voltage

형성 시간을 3분으로 고정하고 대전 DC 전류를 $-4 \sim -8[\text{kV}]$ 로 변화시켜 가면서 제작한 시료의 응답특성곡선이다. 응답특성에 나타난 감도 변화는 사용목적 구간인 $0.3 \sim 1.0[\text{Hz}]$ 사이를 포함한 전구간에서 비교적 큰 차이를 나타내었으며 $-8[\text{kV}]$ 이상의 대전계하에서는 시료의 수율이 낮아져서 실용화에 문제가 있다고 판단하여 실험의 대상에서 제외하였다.

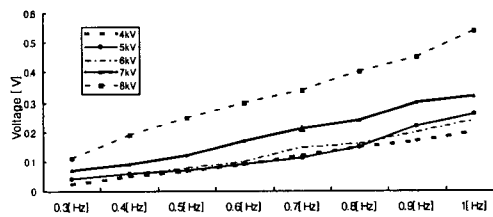


그림6. 저주파 영역의 감도 특성
Fig6.Sensitivity within the range of lowFrequency

그림6에서 알 수 있듯이 $0.3 \sim 1.0[\text{Hz}]$ 까지는 $7.68[\text{dB}/\text{oct}]$ 의 감도 상승률을 갖는다. 이 수치는 소자를 이용하는데 별지장을 갖지 않는 것으로 판단되며 결국 이 소자의 감도 특성을 본다면 이 소자의 이용 범위는 $0.05[\text{Hz}]$ 에서 $1.0[\text{Hz}]$ 까지 사용할 수

있다고 본다.

한편 최적 형성 전계인 $-8[\text{kV}]$ 를 인가하여 3~10분 사이의 형성 시간별 응답 특성을 구하여 보았으나 전 구간에서 큰 차이를 보이지 않고 있어서 가장 경제적인 3분으로 형성 시간을 정하는 것이 최적이라고 판단된다. 3분 이하의 구간에서는 응답 특성이 고르게 나타나지 않아서 충분히 분극이 이루어지지 않는 구간이라고 판단하여 실험에서 제외하였다.

3-3.코로나 대전 상태의 시뮬레이션

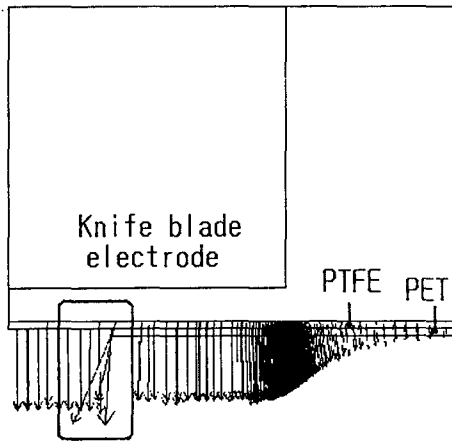


그림7. 코로나 진전 과정의 시뮬레이션
Fig7.Simulation of corona charging

그림7은 코로나 대전시의 등전위선 분포를 나타내고 있다. 칼날 전극의 전압은 $-8[\text{kV}]$ 의 전위로 대전시켰다. 물질의 특성값으로는 PTFE 필름의 비유전율을 $\epsilon_{PTFE}=2.5$, PTFE 필름의 비유전율을 $\epsilon_{PET}=3.3$, 공극의 비유전율을 $\epsilon_{air}=1$ 로 하였다.

4. 결 론

코로나 대전된 PTFE Film의 TSC와 이를 소재로 유한 요소법을 이용하여 전위·전계 시뮬레이션을 행하여 설계 및 제작한 Electret 초저주파용 변환기의 인가 음압의 주파수 0.3[Hz]부터 10[Hz]까지에 대한 감도 측정 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) TSC 측정 결과 저온측으로부터 α , β_1 , β_2 , 그리고 γ 의 4개 피크를 얻었다. 여기서 α 피크는

측재의 회전 운동에 의하여, β_1 과 β_2 는 쌍극자들의 탈분극에 의하여 그리고 γ 피크는 트랩된 전자들의 탈분극에 의한 것으로 사료된다.

2) 0.3[Hz]부터 1[Hz]까지의 감도 상승률이 7.68[db/oct]이고 $-4[\text{kV}]$ 에서 $-8[\text{kV}]$ 까지의 인가전압하에서 형성하여 측정된 응답특성이 평균 $\pm 1.0[\text{db/oct}]$ 의 값을 가지므로, 초저주파 변환기로써의 적합함을 입증하였다.

3) 응답특성이 주파수에 따라서 증가하는 것은 증폭기의 입력 임피던스에 의한 것이며, 무한히 높은 임피던스를 갖는 증폭기를 제작하는 것은 불가능하였다.

4) 0.05[Hz] 이하의 주파수를 검출하기 위해서는 주위의 초저주파 잡음을 완전히 차폐해야 하고 또 24시간 늘 건물이 미진동하여 이로 인한 검출 파형이 일그러지는데 도시 외곽의 조용한 장소에서 완전히 방음 장치를 한 후에 실험을 해야 할 것으로 사료된다.

5) 본 논문에서 얻어진 변환기의 특성을 이용하여 의료, 공업, 토목 및 군사적인 응용이 가능하리라고 사료된다.

참고 문헌

- [1]. ION BUNGET & MIHAI POPESUS, "PHYSICS OF SOLID DIELECTRICS", ELSEVIER, pp. 252~258, 1984.
- [2]. THE IEEE DIELECTRICS AND ELECTRICAL INSULATION SOCIETY, "CONFERENCE ON ELECTRICAL INSULATION AN DIELECTRICA PHENOMENA", Vol. 3 No.5, pp.612~619. Octer 1996.
- [3]. 김성렬, "초저주파 테프론 일렉트렛 변환기의 유한 요소법에 의한 설계와 제작에 관한 연구", 광운대학교, 박사학위논문, 1996.
- [4]. 정동희, "컴퓨터 시뮬레이션에 의한 일렉트렛 센서의 최적 전계 해석과 응용에 관한 연구", 광운대학교, 석사학위논문, 1997.
- [5]. 이준용, "전기전자재료", 동일출판사, 1998.
- [6]. 한상욱, "Corona 대전된 고분자 재료의 전기적 성질에 관한 연구에 관한 연구", 인하대학교, 박사학위논문, 1986.
- [7]. 김재환, "전자기학", 동일출판사, pp.89~163, 1996.
- [8]. 유재웅, "유한요소법을 이용한 PTFE 일렉트렛의 코로나 대전 과정 시뮬레이션에 관한 연구", 광운대학교, 석사학위논문, 1994.