

PTFE 일렉트레트를 이용한 초저주파 검출  
(Infrasomic Detection using PTFE Electret)

|        |                 |
|--------|-----------------|
| 김 중 혁* | 광운대학교 대학원 전기공학과 |
| 김 기 준  | 한국 에너지 연구소      |
| 홍 진 응  | 광운대학교 전기공학과 교수  |
| 이 준 응  | 광운대학교 전기공학과 교수  |

Chung Hyeok Kim  
Ki-Joon Kim  
Jin-Woog Hong  
Joon-Ung Lee

Dep. of Elect. Eng. Kwang Woon Gradu.  
K A E R I  
Dep. of Elect. Eng. Kwang Woon Univ.  
Dep. of Elect. Eng. Kwang Woon Univ.

Abstract

An infrasomic wide band transducer fabricated by polytetrafluoroethylene(PTFE) is studied experimentally. The sensitivity of the transducer depends largely on the surface charge of the Electret and is typically between -50 and -62 [dBV] for a sound-pressure level of 1 [ubar]. The sensitivity of the transducer does not decay over periods of the order of years at room temperature.

The frequency response is within 1.5 [dB] from 1 to 6,000 [Hz] and within 12 [dB] from 0.05 [Hz] to 1 [Hz] respectively.

The resonance frequency of the element is 510 [Hz]. We conjectures that the element is applicable to acoustics, communication system, seismological observation and other similar field.

1. 서-론

고분자 공업의 발전은 전기, 전자공업과 깊은 관계를 갖고 있어 초기의 베크라이트나 PVC의 생산은 절연재료를 위해 생산됐으며, 폴리에티렌은

유전손실이 매우 적어 고주파절연재료나 또는 콘덴서 재료로 사용하기 위하여 생산되었다. 한편 그 기능 변환기재료로 쓰인 것은 초기에 티탄 산바륨과 같은 무기질이었으나 최근에는 고분자재료가 갖고 있는 특이한 분극현상 및 압전적물성을 이용한 변환기 제작도 가능하게 되어 고분자재료가 여러가지 변환기종 고분자 일렉트레트에서는 전지와 같은 큰전류를 얻기는 어려우나 전압을 얻기는 용이하므로 이 전압을 이용하여 헤드폰, 마이크로폰 및 픽업카드리치와 같은 음향기초자 등에 이용되고 있다.

초기의 일렉트레트 재료로는 아크릴수지 마일라수지등이었으나, 근래에는 폴리불화에티렌이나 폴리불화비닐덴등과 같은 불소계수지가 우수한 일렉트레트 재료로 알려져 있다.

본 연구에서는 전기적성질과 내열성이 우수한 폴리테트라플루오로에치렌(Polytetrafluoroethylene) 필름을 사용하여 초저주파수를 감지할 수 있는 검출기를 시작하여 얻은 감도특성 결과를 소개한다.

## 2. 입력트렌트 변환기의 제작 및 감도 측정 방법

### 2.1 입력트렌트 변환기의 제작

본 실험에 사용된 시료는 고분자 재료 중 유전율과 유전체손이 비교적 적고, 고유저항이 크며, 무극성이고 내열성이 우수한 두께 0.1[mm]인 Poly-tetrafluoroethylene (PTFE) 필름을 사용하여 변환기를 제작하였다. 불소계수지인 PTFE는 분극을 유지하는 정도가 PE, PP, PET와 같은 다른 고분자보다 우수하여 입력트렌트 재료로는 매우 안전하다는 연구결과를 보고하고 있으며 본 연구에서 이를 참고로 하여 PTFE를 선정하여 MIM 형으로 만들어 10 [MV/cm]의 전계를 상온에서 1분간 인가하여 시료를 분극시킨 결과  $1.34 \times 10^{10}$  [sec]를 얻었는데 그림 1과 같은 열입력트렌트를 제작하면, MIM 형에서 얻은 시정수보다 대단히 크게 된다. 일반적으로 20 [Hz] 이하의 초저주파수에서 감도를 좋게 하기 위해서는 air cushion 의 두께와 면적을 크게 해야 하는데 그림 2는 그 시작품을 나타낸 것인데, 특히 20 [Hz] 이하의 초저주파 음향에 민감하게 동작될 수 있도록 시료의 반경을 70 [mm]와 air cushion 의 두께를 40 [mm]로 제작하였다.

### 2.2 변환기의 감도 측정

그림 3은 변환기의 감도를 측정하기 위한 블록 선도이며 그림 4(a)는 발전기에서 나온 초저주파 신호를 증폭하여 스피커로 보내기 위한 증폭회로도이며 그림 4(b)는 변환기에서 검출한 초저주파 신호가 증폭되게 특별히 설계한 증폭회로도이다. 변환기의 감도측정은 먼저 신호발생기(Function generator corp  $1 \times 10^4$  Hz)를 사용하여 신호를 발생시키고, 이것을 오실로스코프 채널1에 넣고 이와 동등한 신호를 특별히 제작한 증폭기를 통하여 스피커에 보내지면 스피커를 통하여 발생하는 신호를 본 연구실에서 제작된 변환기가 감지할 수 있게 한 다음, 이 변환기가 감지한 출력신호를 오실로스코프 채널2에 넣고 신호파형성을 파형으로 관측하면서 스톱에 나타난 두 파형을 비교한다. 1 [Hz] 이하인 경우는  $\gamma - t$  기록계로 신호파형과 검출된 파형을 비교한다.

## 3. 실험결과와 검토

### 3.1 기계적 공진주파수의 결정

$$\text{식(2)에 } P = 10^7 \text{ [dyne/cm]} \quad S = 4 \text{ [cm]} \quad M = \frac{800 \text{ mg}}{39 \text{ cm}}$$

= 0.02 [g/cm<sup>3</sup>] 을 대입하여 공진주파수  $f_r$  를 구한 결과 561 [Hz]를 얻었다.

일반적으로 공진주파수 이하의 주파수를 사용한다고 보면 저주파수에 민감하리라 예상하며, 여기서 구한 공진주파수는 측정된 공진주파수 510 [Hz]에서 최대가 되어 점점 감쇄하는 현상이 나타나는 데 이차이는 시료의 두께, 실험시료의 유로면적등에서 발생하는 오차로 생각된다.

### 3.2 감도

그림 5는 주파수 범위  $5 \times 10^2 \sim 1 \times 10^4$  [Hz] 사이의 감도를 측정된 결과이다. 0.1 [Hz]부터 0.5 [Hz]까지는 -60 [dB], 1 [Hz]부터 5 [kHz]까지는 -50 [dB]의 거의 일정한 감도 특성을 얻었다. 그런데 510 [Hz] 부근에서 공진점(+4 dB)이 나타나는 데, 이 수치는 소자의 기계적 공진주파수 510 [Hz]와 비슷하나 소자를 이용하는데는 범지장을 갖지 않는 것으로 판단되며 결국 이소자의 감도 특성을 본다면 이소자의 이용범위는 0.05 [Hz]부터 5 [kHz]까지 사용할 수 있다고 본다. 또 1 [Hz]부터 0.05 [Hz]까지의 감도 특성은 -10 [dB]로 감소하는데 이는 주파수가 낮아짐으로 스피커의 감응이 둔탁한 원인의 것으로 사료되나 이음에는 지장이 없는 것으로 본다. 사진 1에서 사진 3은 1 [Hz] 이하인 초저주파의 음향을 변환기로 검출하여  $\gamma - t$  기록계로 측정된 파형과 주파수이다. 이 입력트렌트 변환기는 연구실의 문을 여닫는 경우나 책장을 넘기는 잡음도 감지할 수 있었다. (사진 1(a)는 증폭기 출력, (b)는 센서 출력이다.)

## 4. 결론 및 고찰

### 4.1 결론

PTFE 필름으로 초저주파수 음향을 검출할 수

있는 변환기를 제작하여 0.01 ~  $10 \times 10^4$  [Hz]까지의 주파수에 대한 감도를 측정된 결과

1) 0.1 [Hz]부터 0.5 [Hz]까지 -60 [dB], 1 [Hz]부터 5 [kHz]까지는 -50 [dB]의 거의 일정한 감도 특성을 얻었고

2) 전기적인 공진주파수는 510 [Hz]로 기계적 공진주파수 561 [Hz]와 거의 일치하였다.

3) 이소자는 특히 20 [Hz] 이하의 주파수에서부터 0.01 [Hz]까지의 초저주파를 검출할 수 있기 때문에 지진탐사, 의료용(맥박, 뇌, 잠등의 이상유무 검진), 군사용(적지, 차량이동, 군사이동 상태 파악) 고속도로 차량종별이나 이동방향 측정 및 고량 비파괴 안전도 검사등에 활용이 가능하리라 사료된다.

4.2 그립

제작한 변환기로 0.05 [Hz] 에서 10 [kHz] 까지의  
신호 검출은 쉽게 측정됐으나, 0.05 [Hz] 이하의  
주파수를 검출하기 위해서는 주위의 초저주파 잡  
음을 완전히 차폐해야 하고, 또 건물이 24시간 계  
속 미간동하기 때문에 이로 인하여 검출파형이 일고  
러지는 것으로 사료된다.

Reference

- 1) M. Eguchi: Proc. Phys Math. Soc. Japan, ser., 3, I, 326, (1919)
- 2) G.W. Day et. al.; Effects of poling conditions on responsivity and uniformity of polarization of PVF<sub>2</sub> Pyroelectric detectors, Appl. Phys. Lett. Vol. 24, No. 10, pp. 456-458, (1974)
- 3) F. I. Mopsik et. al.; Molecular Dipole Electrets J. Appl. Phys. Vol. 46, pp. 4204-4208, (1975)
- 4) 이준웅, 용진용, PTFE의 열자극 전류, 대한전기학회지, 33, 9, pp. 14-20, (1984)
- 5) Joon-ung, Lee; Contribution letude des courants Theromstimules delectrets de PE. ph. D. Thesis Montpellier University. (1979)
- 6) J. VanTurnhout; "Theromally stimulated discharge of Polymer electret." P. 6 (Elsevier, Amsterdam. (1975)
- 7) G. M. Sessler; Electrostatic Microphones with Electret Foil, J. Acoust. Soc. Am, Vol. 34, pp. 1354-1357, (1963)
- 8) Joon-ung, Lee; Analysis of carrier properties and Trap energy depth in the LDPE Electret; JKIEE, Vol 28, pp. 511, (1980)

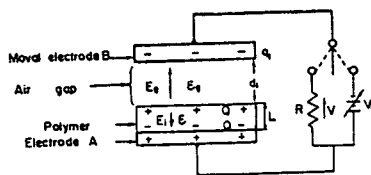


그림 1. 일렉트렛 변환기  
Fig. 1. Electret Transducer

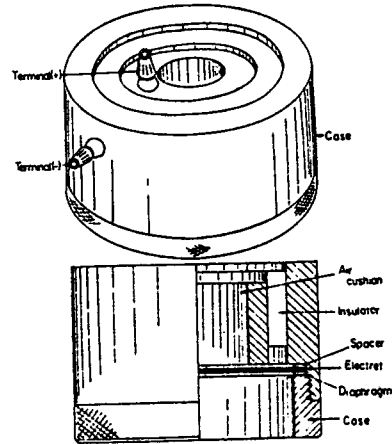


그림 2. 제작된 변환기  
Fig. 2. Fabricated transducer

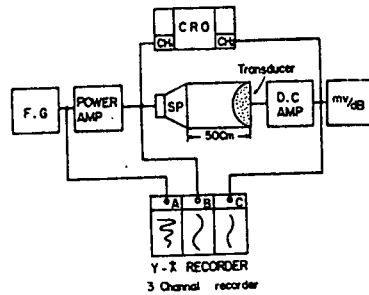


그림 3. 실험장치의 블록선도  
Fig. 3. Block diagram of experimental devices

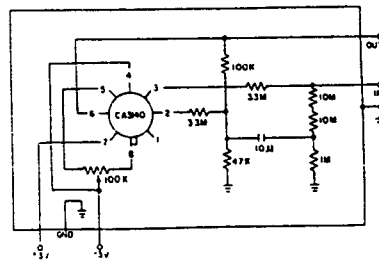


그림 4 증폭회로  
Fig 4 Circuit of amplifier

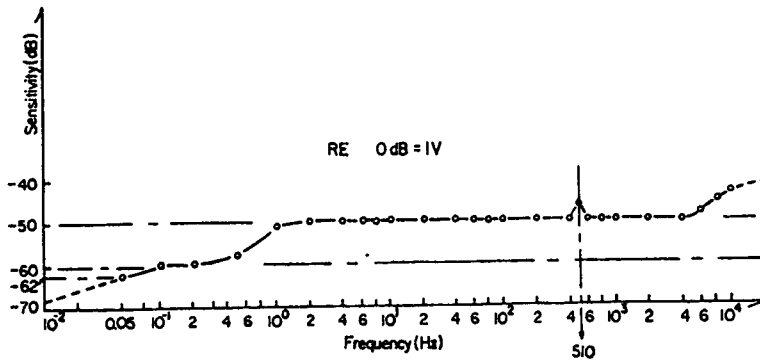
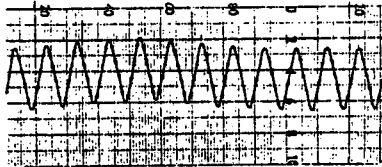
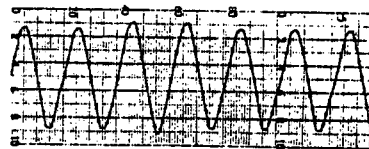


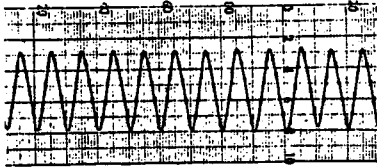
그림 5. 주파수에 대한 변환기의 감도 곡선  
 Fig. 5. Sensitivity curve of transducer for frequency.



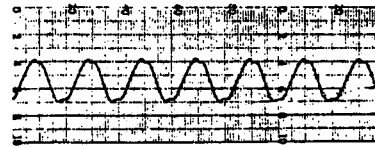
(a) D.C amplifier output.  
 1Hz, 100mV, 5mm/sec.



(a) D.C amplifier output  
 0.5 Hz, 1V, 10mm/sec



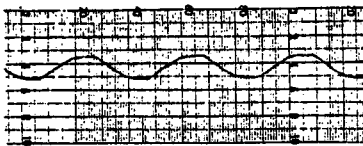
(b) Sensor output  
 1Hz, 10V, 5m/sec



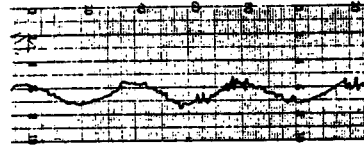
(b) Sensor output  
 0.5 Hz, 10V, 10mm/sec

사진 1. 측정파형과 주파수  
 Photo.1. Measuring waveform and frequency

사진 2. 측정파형과 주파수  
 Photo.2. Measuring waveform and frequency



(a) D.C amplifier output.  
 0.05Hz, 1V, 2mm/sec



(b) Sensor output  
 0.05Hz, 100mV, 2mm/sec

사진 3. 측정파형과 주파수  
 Photo.3. Measuring waveform and frequency