

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.5.91

JIWIT 2012-5-12

## 코로나 표면 처리의 접착력 향상에 의한 이차원 오디오 시스템의 출력 개선

### Output Improvement of Two-dimensional Audio Actuators by Corona Surface Treatments to Increase Adhesive Properties of Piezoelectric Materials

엄기홍\*

Kee-Hong Um

**요약** 근래의 전기 전자 제품은 기능은 향상되는 반면 크기는 소형화되는 추세에 있다. 기존 입체 형태의 음향 신호 재생 장치로서의 액츄에이터 대신 압전 소자를 이용한 스피커가 개발되기 시작하였다. 압전 소자는 압전 특성을 갖는 물질로서 물체의 외부에서 전압을 가할 때 기계적인 변형을 일으키는 특징(즉 피에조 특징)을 이용한다. 초기의 필름 스피커는 화학적 성질의 한계로 인하여 전도성 고분자 막을 형성하기 힘들다는 한계가 있었고, 도포한 두께를 균일하게 유지하기 힘들었으며, 음향 신호의 출력과 동작 주파수의 한계가 있다는 등의 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 전도 물질과 피에조 물질(필름)의 결합력을 증가시킴으로써 전도체의 저항을 줄이고 주파수 영역을 확장하고자 한다. 피에조 필름의 표면 접착력을 향상시키고, 고분자 전도체 막의 흡착력을 증가시킴으로써 음향시스템의 출력 향상을 위해 코로나 표면처리방식에 의한 표면 특징을 변화시킴으로써 출력개선을 하였다.

**Abstract** Recently, the performances of electrical and electronic devices are improving while the sizes are becoming smaller. As sound-generating systems, the two-dimensional speakers have been developed in place of conventional three-dimensional ones. Piezoelectric materials show the mechanical vibrations due to the voltage applied from outside the materials. The early film speakers had a limitations of output power in that it was not easy to make the conducting macromolecular films on the surfaces of the materials due to the internal chemical properties of materials. We have adopted the corona surface treatment in order to improve the output characteristics by increasing the adhesion of the coating material on to the surface of the center material of piezo film. The results showed the improvement of output power in the wider range of operating frequencies.

**Key Words :** Piezo Property, Polyvinylidene fluoride, Corona surface treatment, Conductive macromolecular compound, CMC, Sound pressure level(SPL)

### 1. 서 론

19세기 말, Preece 와 Braun 가 얇은 금속판을 통하여

교류 전류를 흘려 보내면 약한 소리를 발생시킨다는 사실을 발견한 후, Arnold 와 Crandall의 연구를 거쳐 지금까지 몇몇 연구자들에 의하여 피에조(압전) 물질(

\*정회원, 한세대학교 IT학부

접수일자 : 2012년 8월 30일, 수정완료 : 2012년 9월 30일

게재확정일자 : 2012년 10월 12일

Received: 30 August 2012 / Revised: 30 September 2012 /

Accepted: 12 October 2012

\*Corresponding Author: um@hansei.ac.kr

Information Technology, Hansei University, Korea

piezoelectric materials)에 의한 역피에조 특성(reverse piezoelectric property)이 연구되어 오고 있다<sup>[1, 2]</sup>.

피에조 특성이란 외부에서 인가한 기계적인 압력에 대응하여 물질 내부에서 (결정체, 세라믹 등) 전하가 축적되는 현상 즉, 압력에 의해 발생하는 전기이다. 이 전기에 의하여 내부에서 전계 또는 전위를 나타내는 물질 특성이자. 이 특성은 결정체 전기적 상태와 외부 기계력 사이의 선형적인 상호 관계를 나타내는 특징이다<sup>[3]</sup>.

피에조 효과는 외부에서 가해진 전계 힘에 의하여 내부에서 기계적인 변형이 발생하는 역과정의 역 피에조 효과를 나타낸다<sup>[4]</sup>. 피에조 현상은 물질의 전기적 특성의 복합적 현상으로 나타나며 다음 식으로 주어진다.

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (1)$$

식 (1)에서  $\vec{D}$  는 물질 내에 존재하는 전하 밀도에 의한 전속 밀도 벡터(electric flux density vector),  $\epsilon$ 는 피에조 물질의 전기적 유전율(permittivity),  $\vec{E}$ 는 피에조 물질의 외부에서 인가하는 전계(electric field) 벡터이다. 후크의 법칙(Hooke's Law)에 의하여 다음 식이 성립한다.

$$\vec{S} = s \vec{T} \quad (2)$$

식 (2)에서  $\vec{S}$  는 변형률(strain),  $s$ 는 컴플라이언스(compliance), 그리고  $\vec{T}$  는 응력(stress)을 나타낸다.

위의 두 식 (1)과 (2)를 연립하여 나타낸 결합 방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{cases} \vec{S} \\ \vec{D} \end{cases} = \begin{bmatrix} s^E \\ d \end{bmatrix} \cdot \begin{cases} \vec{T} \\ \vec{E} \end{cases} + \begin{bmatrix} d^t \\ \epsilon^t \end{bmatrix} \cdot \begin{cases} \vec{E} \\ \vec{E} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에서  $[d]$ 는 피에조 효과 행렬,  $[d^t]$ 는 역피에조 효과 행렬을 나타낸다. 지수에 쓰인  $\vec{E}$ 는 전계를 나타내고,  $\vec{T}$  는 응력, 첨자  $t$ 는 행렬의 전치(transpose)를 나타낸다<sup>[5, 6]</sup>. 피에조 특성을 나타내는 물질에는 베르리나이트(berlinite,  $\text{AlPO}_4$ ), 수크로오스, 석영, 룯셀 염, 토파즈 등이 있다.

이 논문에서는 압전 소자 물질로서 이소 불화 비닐(polyvinylidene fluoride, PVDF)을 사용하였다. PVDF

는 탄화 불화 올레핀 (HFO: hydrofluoroolefin)을 중합(polymerization) 하여 제작한다<sup>[7]</sup>. 제작된 PVDF는 일종의 플라스틱 물질로서 순도가 높고 견고하며, 용액, 산(acids), 염기(bases)에 손상되지 않으며 화재에도 강한 저항력을 나타내어 177 °C 에서 용융한다.

휘는 성질, 가벼운 무게, 낮은 열전도성, 화학적으로 부식이 되지 않을 뿐만 아니라 열에 강하므로 전기 도선과 전기 제품등의 절연체로서 흔히 사용된다. 역 피에조 현상을 나타내므로, 외부 전원에 의한 진동을 음향으로 변환하기 위해 사용한다.

필름 물질에 대한 표면 처리의 균일성을 유지하고 접착력 향상을 위하여 표면 처리 방식을 코로나 방식을 한다. 즉, 코로나 표면에 대한 방전 처리를 이용하여 필름과 전도 물질의 접착력(adhesion)을 향상시키는 기술이다. 일반적인 경우, PVDF 필름은 표면 에너지가 낮으므로 전도 물질과의 접착력이 좋지 못하다. 그러나, 코로나 표면 처리를 하게 되면 코로나 내부의 하전 입자들이 필름의 표면과 고속으로 충돌함으로써 표면을 산화시킨다. 공유 결합을 하는 분자들은 서로 전자쌍을 공유하려는 경향을 나타낸다. 전자쌍을 공유하려는 현상에 의하여 서로가 끌어당기는 힘의 우열이 생기게 되는데, 비대칭의 극성을 나누게 된다. 이러한 분자를 극성분자(polar molecule)라고 한다.

표면 산화의 결과 생성된 극성 분자 C=O, C-O-H, COOH, -COO-, -CO- 등의 화합물에 의하여 피에조 필름의 표면 에너지가 증가되고 전도성 물질과의 친화력 증가로 인하여 접착성이 증가한다.

또 하나의 이유로는 극성분자 외에도 분자 간 가교(bridge)가 형성되어 접착력 향상을 가져온다. 압전 필름의 코로나 표면 처리 방식은, 코로나 방전이 일어나는 두 전극 사이에 얇은 층의 필름을 설치하고 전극에 일정한 전력을 공급하여 코로나 방전을 발생시킴으로서 수행된다. 전도체 막은 필름의 양쪽 표면에 형성되며 압전 필름에 전압을 공급하게 된다, 전도체 막은 전도성을 갖는 고분자로 구성되어 있으므로 외부에서 인가되는 전압이 필름 표면에 균일하게 전달된다. 전도체 막은 필름의 양쪽의 표면에 코팅된다. 즉 하나의 압전 소자 필름을 사이에 두고 양측에 하나 씩(두 개)의 전도체 막이 형성되며 각 전도체 막에 전위차를 갖는 교류 전압이 전극을 통해 인가되고, 공급되는 전압의 주기적인 진폭과 주기의 특성으로 인하여 필름이 주기적으로 진동하고, 결과적으로

주변 공기 소멸과 진동음향이 재생된다.

## II. 코로나 표면 처리 방식

### 1. 코로나 처리 방식의 개요

PVD방식에 의한 TiN박막의 형성은 DC와 RF sputtering deposition 방식을 적용할 수 있지만, 플라즈마 생성을 위해 주입된 가스의 이온화율이 떨어져 박막 성형 속도가 느려지며, 박막과의 접착력을 높이는 것에도 한계성을 가지고 있다<sup>[8]</sup>.

코로나 표면 처리방식(corona surface treatment)은 1951년 덴마크의 과학자 Verner Eisby 가 발명한 방식이고, 고전압 및 고주파 전력 발생기에 의한 전기 방전에 의한 표면 처리 방식이다. 고전압 및 고주파수의 전압을 끝이 뾰족한 전극을 통하여 전기적인 접지 근처에 가할 때 전극 표면의 기체 입자가 이온화 함에 따라 입자의 진동현상에 의하여 발생하는 가시적인 전지 방전 현상을 말한다.

결과로 발생하는 전기방전을 “코로나 방전(corona discharge)이라고 한다<sup>[9]</sup>. 코로나 방전에 의해 주변 공간의 부분적 이온화가 나타나고, 이로 인해 근거리에 위치한 물질의 표면의 특성을 변화시키게 된다. 표면 에너지가 작은 즉, 분자 극성이 낮은 물질의 표면에 접착력을 증가시키기 위해서는, 처리해야 할 물질 근처에서 고전압, 고 주파수의 전기적 방전(코로나 방전)을 발생시켜야 한다.

고 에너지의 코로나 방전은 물질의 표면 근처로 흡착되어 표면의 분자 결합을 약화시키게 된다. 약화된 분자 결합은 고전압 코로나 방전 공간에 존재하는 입자에 끌린다. 결과 물체 표면은 잉크, 코팅 물질 등과 화학적인 인력을 강하게 나타낸다<sup>[10]</sup>.

### 2. 코로나 처리방식의 특징

이 논문에서 나타낸 연구에서 박막형 피에조 필름을 코로나 플라즈마 챔버(chamber)에 통과시킴으로써 필름 표면의 에너지를 변화시키고 접착력을 증가시킨다.코로나 플라즈마는 끝이 뾰족한 전극에 고전압을 인가하여 플라즈마를 형성하게 한다. 모든 물질은 표면에 존재하는 표면 에너지를 갖는다. 즉 표면에서 분자간의 접착력을 나타내는 물리량이 표면 에너지이다<sup>[11]</sup>. 따라서, 표면

특징을 변화시키기 위하여 저온의 코로나 방전 플라즈마를 표면에 가하는 방법으로서 박막 필름에 저렴한 비용으로 유용하게 사용된다. 코로나 처리방법의 특징에는 다음과 같다.

- (1) 짧은 시간에 표면 성질을 변화시키기가 편리하다.
- (2) 고유특성을 유지하면서 표면 손상(수축, 휨 등)이 없는 상태에서 표면특성을 개선한다.
- (3) 불량 처리가 없이 접착력이 뛰어나다.
- (4) 유해 물질이 발생하지 않는 친환경 공정처리이다.
- (5) 색채 친화성과 화학물 코팅제의 흡착력을 증가시킨다.

## III. 시스템 구조 및 설계 제한

### 1. 시스템 구조

이 논문에서의 제안은, 이전 논문에서 저자가 타인의 중요한 도움을 받아서 설계한 바 있는 피에조 물질의 역 피에조 현상을 이용한 액츄에이터 시스템에서 탄소 나노튜브와 피에조 물질간의 코로나 표면 처리에 의한 접촉 특성을 이용하여 스피커 시스템의 성능을 개선한다. 피에조 물질은 플루로폴리머 물질의 폴리비닐리덴플루로라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF) 로서 제작한다<sup>[12]</sup>.

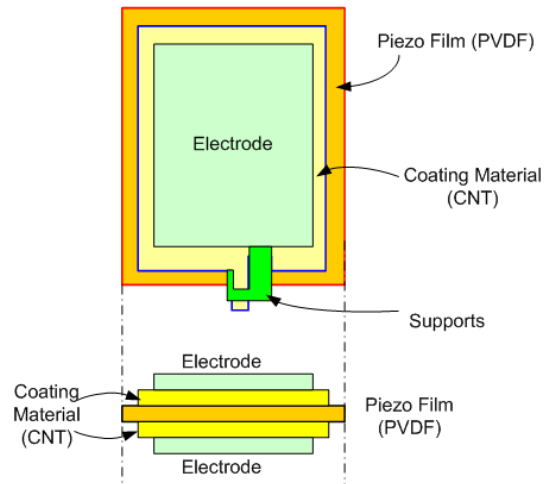


그림 1. 이차원 오디오 피에조 필름의 구성 형태  
Fig 1. Two-dimensional audio piezo film

그림 1 은 코로나 코팅하여 표면 처리한 2차원 오디오 피에조 필름을 정면에서 본 그림과 측면에서 본 그림을 나타내고 있다. 중심부에 피에조 필름이 있고, 양 쪽에 코

로나 처리에 의하여 도포된 탄소 나노 튜브(carbon nano tubes, CNT)가 있고, 맨 끝 부분에는 외부에서 교류 전원을 공급하기 위한 전극이 위치하고 있다.

그림 2는 그림 1의 형태를 입체적으로 나타낸 그림이다. 5개의 사각형 물체는 서로 접촉하고 있어서 동작을 하도록 설계되어 있으나, 편의상 모두 분리하여 보기에 편리하도록 나타 내었다. 실제 동작을 하도록 조립하려면, 5개의 물체를 점선을 따라 평행 이동을 하여 접촉이 되어 그림 2 와 같이 구성해야만 한다.

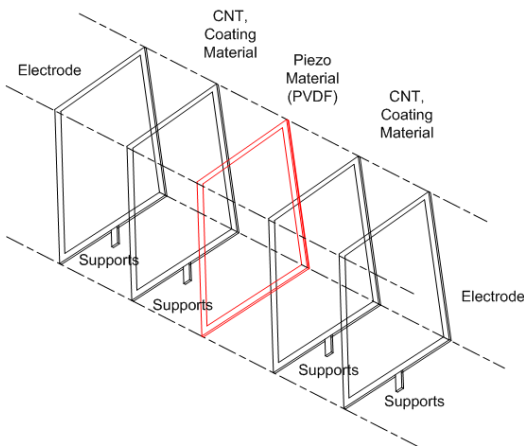


그림 2. 압전 물질 필름의 형태의 조감도  
Fig 2. Bird' s-eye view of piezoelectric material film

## 2. 시스템 제작 요소

코로나 표면 처리한 탄소 나노튜브 피에조 물질의 코팅 재료로서, 전도성 고분자 화합물(conductive macromolecular compound, CMC), 인듐 주석 옥사이드(indium tin oxide, ITO)<sup>[13]</sup>, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotubes, CNT)가 사용되는데, 이 중에서 CNT의 성능이 가장 우수하다. 이 물질은 1991년에 발명되었고,

견고하고 전기적인 전도 특성이 훌륭하기 때문에 여러 분야에서 응용되고 있다<sup>[14]</sup>.

동작 특성이 우수한 CNT를 피에조 물질에 코팅하기 위해서는 여러 가지 방법이 있다. 그 중에서 피에조 물질의 물리 화학적인 표면 특징을 변화시키고, 시스템의 출력 특성을 향상시킬 수가 있다. 유연성이 좋고 넓은 범위의 동작 주파수, 낮은 임피던스 값, 동작 안정도 등을 확보할 수 있다. 실제의 구현 제품에서는 고분자 전도체 막은 압전 소자 필름의 테두리로부터 안쪽으로 일정 거

를 두고 코팅되어야 한다. 즉 압전 소자 필름의 테두리로부터 안쪽으로 일정거리 만큼 떨어진 부분부터 코팅한다.

전도체 막이 코팅되지 않은 압전 소자 필름이 코팅된 필름의 네 변의 주변 테두리를 포위하고 있는 형태로 전도체 막을 형성하고 있어야 한다. 고분자 전도체 막이 형성된 압전 필름은 외부에서 인가되는 교류 전압에 의하여 기계적인 진동을 하며 가청 소리 신호를 발생하게 되지만 고분자 전도체 막이 코팅되지 않은 압전 필름은 전압 공급을 받지 않으므로 진동을 하지 않게 된다. 전도체 막이 형성되지 않은 압전 물질은 진동하는 전도체 막이 형성된 압전 물질의 테두리 역할을 하게 되며, 신호 재생시의 진동으로 인한 바람직하지 않는 균열 현상을 방지할 수가 있다.

고분자 전도체 막은 고분자 물질(polyaniline polythiophene, PEDOT, polypyrrole, 및 PPV 등) 로써 형성한다. 이들의 합성 비율, 기타 저항성 물질 등을 조합하여 고분자 용액을 제조함으로써 코팅의 저항값을 다양하게 변동시킬 수가 있다. 용액의 질량 구성비는 전도성고분자 0.5-50 중량 퍼센트 (wt%), 접착용 바인더 10-30 중량%, 용매 20-89 중량 % 로 구성한다. 여기서 바인더는 아크릴, 우레탄, 에테르, 에스터, 에폭시, 아미드, 이미드 등의 관능기를 사용한다. 용매에 쓰이는 화학 물질로서는 메틸알콜, 에틸알콜, 이소프로필알콜, 노르말부탄올, 물, 톨루엔, 자일렌, 1-메탈-2 피롤리디논, 클로르포름, 에틸아세테이트, 2-메톡시에탄올, 에틸렌글리콜, 폴리에틸렌글리콜, 디메틸술폰사이드 중에서 1 개 또는 그 이상의 용매를 혼합하여 사용한다. 전도성 고분자의 저항값을 감소하기에 효과적인 용매로서는 에틸렌글리콜, 폴리에틸렌글리콜, 디메틸술폰사이드이다. 용액의 저항값을 감소시키기 위해서 사용되는 물질은 금속분말, 카본 블랙, 카본 나노튜브를 혼합한다.

## 3. 완성된 오디오 액츄에이터 시스템

그림 3는 코로나 코로나 표면처리 방법을 이용하여 전도성 고분자 물질(CNT)을 사용하여 피에조 물질 양측에 코팅하여 제작한 실제 완성된 오디오 액츄에이터 시스템을 나타낸다<sup>[15]</sup>. 이 제품은 외력에 의하여 변형되는 경우 즉, 구겨지거나 접어지는 경우에도 별 무리 없이 그대로 소리 출력을 발생시킴을 확인하였다. 심지어 물속에 넣어 두더라도 동작을 한다.

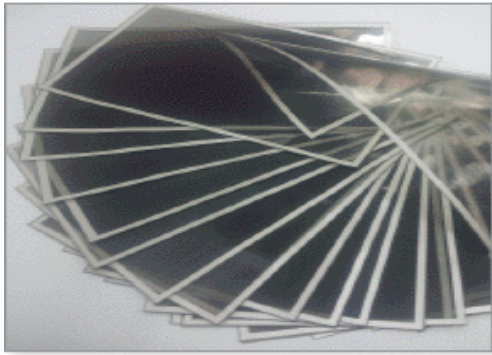


그림 3. 코로나 표면 처리한 2차원 필름  
Fig 3. Two-dimensional film processed with corona surface treatment

그림 4 는 코로나 표면 처리한 제품(그림 3)을 필요한 목적에 따라 재단하고, 실제 사용할 수 있도록 제작한 2차원 엑츄에이터 필름 스피커 이다.



그림 4. 코로나 처리하여 제작한 오디오 시스템  
Fig 4. Audio system manufactured by adopting corona surface treatment

현재 상업적으로 입수 가능한 제품이다. 사용의 편리성을 위해 여러 가지 형태의 제작이 가능하며, 여기서는 여러 가지 가능한 형태들 중에서 일부를 실제 예로서 나타낸 것이다.

## IV. 실험 및 결과

### 1. 실험 환경

전극은 전도체 막의 테두리 한 쪽에 외부로 연장하여 구성하고 외부 전압원의 교류 전압을 공급받는다.

전극은 실버페이스트(silver-paste)또는 전도성 혼합 잉크를 고분자 전도체의 테두리를 따라 인쇄한다. 기존

에는 전극은 구리 재질의 테이프를 이용하여 구성하였으나, 전도성 고분자 막에 완전히 밀착 접촉이 되지 않아서 구리 재질 전극과 고분자 막의 접점 부분에서 단락이 발생하는 문제점이 있었다. 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 구리에 비하여 가격은 비싸지만 전도성이 뛰어난 은(Ag) 을 사용하여 실버페이스트 또는 전도성 혼합잉크를 나노 테크닉을 이용하여 고분자 전도체 막에 프린팅(printing)함으로써 전극을 전도체 막에 완전히 접촉시켜서 제작하였다.

단자는 전극으로부터 전도체 막의 외부 방향으로 연장되어 구성하고, 외부의 전압 공급원에 연결되며, 전극을 통하여 고분자 전도체 막에 전압을 공급하게 된다. 전극의 위치는 네 변의 임의 지점에 위치할 수가 있으나, 이 논문에서는 중앙에 연결하였다. 단자는 고분자 전도체 막의 바깥 쪽으로 돌출되어 있으므로 단자 두 면이 모두 전도성을 갖고 있기 때문에 전기적인 단락 상태가 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 절연체를 사용하였다.

### 2. 측정 결과

청각이 다소 복잡한 형태로 소리를 감지할 수 있는 대기압 환경에서 소리파(sound wave)는 매우 작은 변화의 주기적인 진동 현상을 나타낸다. 넓은 범위의 압력에 의한 진동을 나타내기 위해 소리파가 나타내는 압력을 로그 스케일로 측정하기가 편리하다[16].

음압 레벨(sound pressure level, SPL)은 음의 세기를 나타내기 위한 척도이다. 어느 음의 음압  $p_s$  가 일정 기준 음압  $p_0$ 와 비교해 어느 정도의 레벨에 있는가를 데시벨(dB) 척도로 나타낸 것으로 다음과 같이 나타낸다.

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{p_s^2}{p_0^2} \right) \quad (4)$$

$$= 20 \log_{10} \left( \frac{p_s}{p_0} \right) \text{ [dB]}$$

식 (4)에서,  $p_0$  는 기준 청음을 나타내며 CGS 단위에서는  $2 \times 10^{-4}$  [ $\mu\text{bar}$ ], MKS 단위에서는  $2 \times 10^{-5}$  [ $\text{N/m}^2$ ]를 사용한다[17]. 이 식에서  $p_s$  는 측정대상이 되는 소리의 rms 값이다. 음압의 SI 단위는 pascal (기호 Pa)이고, SPL의 단위는 dB 이다. 공기 중에서 영점기준은  $20 \mu\text{Pa rms}$  이

다. 그림 5는 코로나 방식을 이용한 필름 스피커의 고분자 전도체 막의 저항값 변화에 따른 주파수에 따른 음압레벨  $L_p$  [dB] 특성을 나타낸 것이다<sup>[15]</sup>.

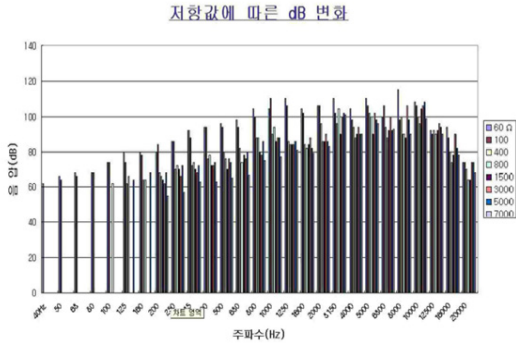


그림 5. 코로나 처리에 의하여 제작한 시스템의 출력: 주파수에 따르는 음압 레벨  $L_p$  [dB]

Fig 5. Output of audio system manufactured by adopting corona surface treatment: frequency vs. sound pressure level in  $L_p$  [dB]

코로나 방식을 이용하여 코팅한 고분자 전도체 막의 저항이 각각 60, 100, 400, 800, 150, 300, 5000, 7000 [Ohm] 인 경우의 스피커가 출력하는 주파수별 음압을 나타낸 그래프이다. 일반적인 경우, 오디오 시스템의 출력음압은 72dB 가 가장 효율적인 음질을 발생한다. 그림에서 보인 바와 같이 고분자 전도체 막의 저항 값이 600hm 이상 7000Ohm 이하의 범위에서 임의 값을 선택하는 경우, 효율적인 음압 레벨을 출력하게 된다. 따라서, 시스템의 용도 (저대역, 중대역, 고대역 등)에 따라 주파수 대역의 특정 출력을 발생하도록 고분자 전도체 막의 저항값을 조절 할 수 가 있다. 예를 들어 800Hz - 2,000Hz 범위의 출력을 얻기 위해서는 전도체 코팅의 저항값이 4000hm 이상 15000hm 내의 범위에 속하도록 전도체 코팅 물질과 저항성 물질을 선택하여 합성한다. 예를 들어 저대역 주파수의 응답 특성을 향상시키기 위해서는 고분자 전도체 막의 저항값이 500hm 이상 200 Ohm이하의 값이 되도록 선택한다. 이 범위에서 저항값을 갖는 경우, 400 Hz 이하의 주파수 대역에서도 출력 특성이 일정하지만, 그 외 범의 값, 한 값 400 Ohm 로서 설계할 경우, 100Hz 미만의 주파수 대역에서는 출력이 생성되지 않는다. 즉 저 주파수 대역에서의 출력을 얻기

위해서는 저항 값을 500hm 이상 200 이하 값으로 선택해야 함을 확인하였다.

## V. 결론

압전 소자 필름 PVDF의 역압전 현상을 이용하여 음향 신호를 발생하는 음향 시스템인 오디오 필름 스피커를 설계하였다. 스피커의 출력 음향은 설계 시 여러 가지 요인에 의하여 성능이 좌우된다. 출력 음향이 우수한가의 판단 기준은 음압 레벨 72dB 이다. 이보다 큰 출력을 발생하는 경우 음향 특성이 우수하다고 판단한다. 필름 PVDF의 두께, 크기, 제작 시 화학물의 구성비(중량비 wt %), 양면에 코팅하는 전도성 물질의 물리 화학적인 특성, 외부에서 교류 전압을 인가하기 위한 전극의 물리 화학적인 특징과 위치 등 여러 가지 파라미터에 의한 요인이 있다. 필름 PVDF 의 양면에 코팅되는 전도성 고분자 화합물(conductive macromolecular compound, CMC)이 얼마나 큰 흡착력으로 코팅되느냐 하는 정도가 시스템의 출력 기능에 큰 영향으로 작용함을 확인하고, 표면에 고분자 전도체 막의 접착력을 증가시키기 위하여 코로나 방식을 이용하여, 필름 표면의 일정한 고분자 전도체 막을 형성시킴으로써 코팅 후 CMC가 일정한 두께를 얻을 수 있었으며, 출력 음압이 향상되었다. 향상된 출력 특성을 갖는 시스템을 실제 구현하여 시중에 판매하고 있다. 각각의 파라미터에 의한 성능의 변동에 대한 이론적 배경과 정량적인 증명은 다음에 발표될 논문에서 언급하기로 한다. 발전된 응용분야로서는 간섭특징을 이용함으로써 소음을 흡수하여 제거 또는 소멸시키는 시스템을 개발하는 것이다.

**Remarks:** This work is an interim experimental result modified, extended, and advanced from the conference presentations (IWIT2011 at Ulji University, ACN2011 at Bruno University, ICAE 2011 at Ramada Jeju Hotel, and 2011 IEEE Consumer Electronics, ICCE-Berlin,), and the Journal of International Information Institute (v.15, no.3, March, 2012).

**Acknowledgment:** The author wishes to express his thanks to Dr. Jeong-Jin Kang at Dong-Seoul University and President Dong-Soo Lee and Mr. In Suk Park at FILS Co., Ltd. for their assistances in the



experiments and important suggestions and ideas. Without their help, this work would have been impossible to complete.

### 참 고 문 헌

- [1] Preece, W. H. Proc. R. Soc. London, 30, pp. 408-411, 1879-1880.
- [2] Arnold, H. D., Crandall, I. B. Phys. Rev. 10, 22-38, 1917.
- [3] Gautschi, G, "Piezoelectric Sensorics: Force, Strain, Pressure, Acceleration and Acoustic Emission Sensors, Materials and Amplifiers," Springer, 2002.
- [4] C. H. Hong, D. J. Kim, H. J. Yun, "Air Supplying System for DMFC using Piezo Actuators," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 11, no.3, pp. 1585-1591, March 2010.
- [5] D. Damjanovic, "Ferroelectric, dielectric and piezoelectric properties of ferroelectric thin films and ceramics," Reports on Progress in Physics 61(9): pp. 1267 - 1324, 1998.
- [6] M. Birkholz, "Crystal-field induced dipoles in heteropolar crystals - II. physical significance," Z. Phys. B 96 (3): pp. 333 - 340. Bibcode, 1995. ZPhyB..96.333B,doi:10.1007/BF01313055. <http://www.mariobirkholz.de/ZPB1995b.pdf>.
- [7] D. Kim, S. D. Park, J. H. Lee, J. J. Kim, J. H. Ahn, G. S. Chung, S. G. Lee, "The Health-Care Garment System using Digital Yarn and Pulse and Respiratory Sensor using PVDF Film," Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 8, issue 3, pp. 87-95, March 2010.
- [8] I. S. Park, "A study on an experimental basis a special quality character of thin film use in order to TiN a conditioned immersion," Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 12, issue 11, pp. 4711-4717, March 2011.
- [9] J. C. Jeon, Y. B. Lim, M. I. Choi, J. G. Yoo, S. M. Bae, "Development of Ultrasonic Wave Analysis Program for Effective Use of Ultrasonic Detector," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 10, issue 10, pp. 2609-2614, 2009.
- [10] <http://www.dynetechology.co.uk/applications>.
- [11] [http://en.wikipedia.org/wiki/Corona\\_treatment](http://en.wikipedia.org/wiki/Corona_treatment).
- [12] MSIUSA.com, "Piezo Film Sensors," Technical Manual, Measurement Specialties, Inc., 1999.
- [13] S. B. Yoon, R. Ryu, "Fabrication and analysis of I-V characteristics of the solar cells based on the MEH-PPV and PCBM," Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 6, issue 4, pp. 165-171, August. 2008.
- [14] Katsunori Suzuki, "Study of Carbon-Nanotube Web Thermoacoustic Loud Speakers," Japanese Journal of Applied Physics 50, 01BJ10, 2011.
- [15] <http://www.fils.co.kr>.
- [16] <http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec>.
- [17] Bies, David A., and Hansen, Colin, "Engineering Noise Control," 2003.

### 저자 소개

#### 엄 기 홍(정회원)



- 1981년 : 한양대학교 전자공학과(BS)
  - 1991년 : (미)Polytechnic University, Dept. of Electrical & Computer Engineering (MS)
  - 2003년 : (미)New Jersey Institute of Technology (NJIT), Dept. of Electrical & Computer Engineering (Ph.D)
  - 1998년 ~ 2003년 : TA, RA Lecturer (NJIT)
  - 2003년 ~ 2004년 : NJIT 겸임교수(Adjunct)
  - 2004년 ~ 2007년 : 강남대, 상명대, 한양대 강사
  - 2007년 ~ 현재 : 한세대학교 IT 학부 교수
- <주관심분야 : 안테나, 마이크로파, 전기전자재료>

※ This work was supported by Hansei university.