

# 금속 진동판을 이용한 초소형 스피커의 음향 특성

도 성환, 전 교필, 오 세진  
 주성대학 스피커음향기술혁신센터

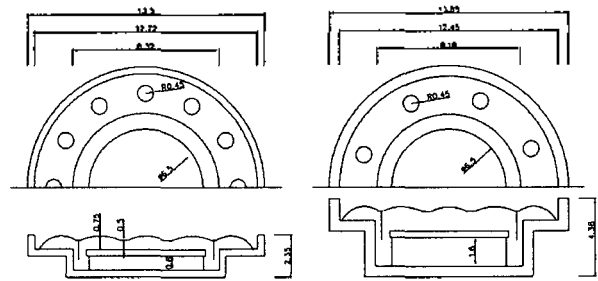
## Acoustic characteristics of micro-loudspeaker used metallic diaphragm

Sung-Hwan Doh, Kyo-Pil Jun, Sei-Jin Oh  
 Ju-Seong College Speaker and Audio Technology Innovation Center  
[dohsh@jsc.ac.kr](mailto:dohsh@jsc.ac.kr), [oyah85@hotmail.com](mailto:oyah85@hotmail.com), [seijin@jsc.ac.kr](mailto:seijin@jsc.ac.kr)

### 요약

휴대용 개인 단말기(Personal digital assistants)의 높은 보급률에 따라 초소형 스피커(Micro-loudspeaker)의 수요가 급격히 증가하면서, 초소형 스피커의 성능 개선이 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 초소형 스피커의 진동판 소재로 사용되는 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)와 폴리에테르 이머(PEI)의 수지 계열 진동판과 니켈(Ni) 진동판의 방사 효율을 비교 분석하여, 진동계의 관점에서 금속 진동판의 활용 가능성에 대해 고찰하였다.



[그림 1] 초소형 스피커 규격

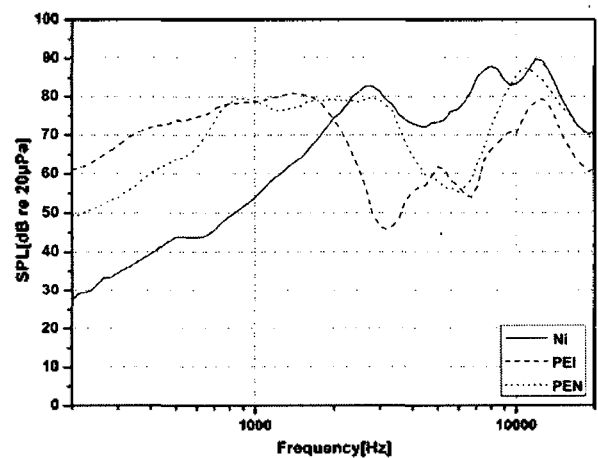
### 1. 서론

기존 대구경(Large diameter) 스피커는 재생 주파수 대역 확장과 평탄한 주파수 응답(Frequency response) 특성, 낮은 왜곡(Distortion)을 갖기 위해 높은 영률(Young's modulus)과 낮은 밀도(Density)를 갖는 진동판 소재에 대해 많은 연구가 진행되었으나[1][2], 초소형 스피커는 작은 규격에 의한 진동계의 형성과 동작 조건의 제한으로 섬유 재료를 열경화성 수지로 성형한  $\mu\text{m}$ 의 두께 단위를 갖는 섬유 강화 수지를 주로 사용하고 있다. 그러나 최근 금속 가공 기술의 발달로 초소형 스피커의 진동판으로 사용가능한 두께의 가공이 가능해져, 보다 폭넓은 진동판의 소재선택이 가능해졌다.

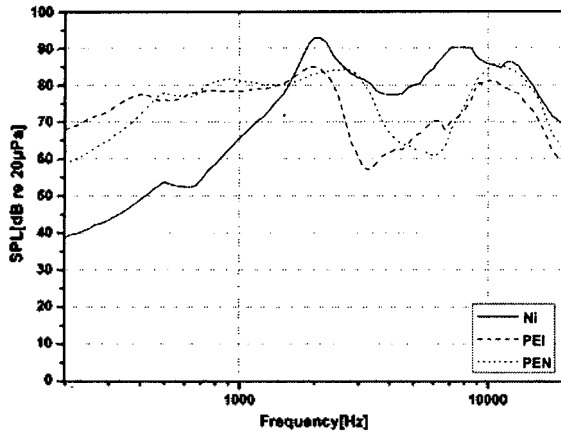
본 연구에서 소재에 따른 방사 효율의 비교를 위해 동일한 두께( $12\mu\text{m}$ )와 직경( $12.72\text{mm}$ ) 및 표면 구조를 갖는 세 종류의 진동판 소재를 [그림 1]과 같은 규격의 초소형 스피커를 제작하여 각각의 진동판에 대한 주파수 응답 특성을 측정하였다.

### 2. 본론

[그림 2]와 [그림 3]은 0.1m 거리에서 0.89v의 입력에 대한 Ni, PEI, PEN 소재의 주파수 응답 특성으로, [그림 2]는 높이 2.35mm 세시(Chassis)로 제작된 초소형 스피커이며, [그림 3]은 높이 4.38mm 세시로 제작된 초소형 스피커의 주파수 응답 특성이다.



[그림 2] 진동판의 재질에 따른 주파수 응답 특성



[그림 3] 진동판의 재질에 따른 주파수 응답 특성

주파수 응답 특성으로부터 니켈 진동판의 높은 강성(Stiffness)에 의해 좁은 재생 대역을 갖는 반면, 고주파수 대역은 수지 계열 진동판에 비해 높은 음압 레벨의 주파수 응답 특성을 보여준다. 또한 저주파수 대역은 니켈 진동판의 자성체(Magnetism) 특성에 의해 큰 변위에 의해 자기력(magnetic force)에 상응하는 복원력(Restoring force)의 약화로 낮은 음압 레벨의 결과로 나타남을 기대할 수 있다.

진동계의 질량과 역학적 컴플라이언스(Mechanical compliance)의 관계로부터 니켈 진동판은 높은 공진 주파수를 갖지만, 높은 음압 레벨은 자성체의 관점에서 다음과 같이 예측해 볼 수 있다.

$$F_{total} = F_{coil} + F_{diaphragm} \quad (1)$$

니켈 진동판에 작용하는 힘은 보이스 코일(Voice coil)에 의한 힘과 보이스 코일에 의해 자화된 진동판의 힘이 결합된 형태로 나타날 것이다. 즉, 아래의 식 (2)와 같이 보이스 코일의 중심에서 작용하는 자화력(Magnetic field strength)에 의해 니켈 진동판이 자화되어 자석에 의한 자기장과의 상호 작용을 일으킴을 예상할 수 있다.[3]

$$H = \frac{NI}{l} \left( \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}} \right) \quad (2)$$

$H$  : 자화력 [A/m]

$N$  : 권선수

$I$  : 인가 전류 [A]

$l$  : 보이스 코일의 길이 [m]

$d$  : 보이스 코일의 직경 [m]

### 3. 결론

본 연구를 통해 초소형 스피커의 진동판 소재에 따라 물성에 의해 방사 효율은 차이를 가짐을 알 수 있으며, 특히 니켈과 같은 자성체 소재의 진동판은 전자기 유도(Electromagnetic induction) 현상에 의해 부가적인 힘이 작용함을 예상할 수 있었다.

비록 자성체 진동판의 높은 강성과 자기력에 상응하는 복원력의 약화로 저주파수 대역의 낮은 주파수 응답 특성을 보이지만, 보이스 코일에 의한 진동판의 자화 현상과 박막(thin film)에 따른 짧은 분극(Polarization) 현상을 활용한다면 보다 높은 음압을 얻을 수 있는 소재로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Takeo Yamamoto 3, High-fidelity Loudspeakers with Boronized Titanium Diaphragms, Journal of the audio engineering society, vol. 28, 1980
2. Naraji Sakamoto 3, Loudspeaker with Honeycomb Disk Diaphragm, Journal of the audio engineering society, vol. 29, 1981
3. Reitz, Milford, Christy, Foundations of Electromagnetic Theory, ADDSON WESLY, p242-250, 1993