

# 마이크로 스피커 진동판의 특성

정경일, 이한량\*, 오세진\*, 윤석왕\*\*

(주) 청음전자 음향연구소, 주성대학 스피커음향기술혁신센터\*, 성균관대학교 물리학과 음향학연구실\*\*

## Behaviour of Micro-loudspeaker Diaphragms

Kyung-Il Jung and Han-Ryang Yi\*, Sei-Jin Oh\*, Suk-Wang Yoon\*\*

Clear Sound Electronics Co., Ltd.

\*Speaker & Audio Technology Innovation Center, Juseong College, ChungBuk-Do 360-805, R.O.K.

\*\*Acoustics Research Laboratory, Department of Physics, SungKyunKwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea

yihanryang@naver.com \*, seijin@jsc.ac.kr \*, swyoon@skku.ac.kr \*\*

### 요약

일반적으로 진동판의 크기와 형태는 스피커의 음파 방출 효율과 재생대역 및 왜곡특성을 결정하는 중요한 요인이다. 지금까지 대부분의 연구결과들은 직경 25mm 이상, 두께 0.1mm 이상의 다양한 소재의 진동판으로 이루어진 스피커들을 대상으로 하였다.

그러나 현재 수요가 급증하고 있는 마이크로스피커에 사용되는 진동판들은 직경이 20mm 이하이고, 그 두께는 수 십  $\mu\text{m}$ 인 필름 소재를 사용하고 있다. 이러한 이유로 마이크로스피커의 동작특성은 일반적인 스피커에 비해 재생대역이 좁고, 고조파 왜가 크게 나타난다.

본 논문은 수 십  $\mu\text{m}$  두께의 필름 진동판을 사용하는 마이크로스피커의 설계 시, 기본적인 특성을 예측할 수 있도록 하기 위해 진동판의 두께 변화, 단면의 곡률변화에 따른 스피커의 특성 변화를 조사하였다.

### 1. 서론

대부분의 마이크로 스피커는 보이스코일의 복원력을 제공하는 댐퍼 또는 스파이더가 없이 진동판과 일체로 형성되는 서라운드 구조 혹은 진동판 자체 강성에 의해 스피커의 공진 주파수를 결정하게 되어 있다.

또한, 마이크로스피커에 사용되는 진동판 소재는 PEI, PEN 등의 폴리머 필름이고, 그 두께가 수 십  $\mu\text{m}$  정도로 얇은 박막 구조를 가지고 있어, 일반 다이내믹 스피커에 사용되는 진동판에 대해 연구된 결과들을 적

용하기에는 부적절하다. [1],[2],[3] 즉, 이러한 연구 결과들은 직경이 100mm 이상인 진동판들에 대한 탄성구조를 분석하여 고주파수 대역의 응답특성을 개선하는데 초점을 맞추고 있다.

그러나, 마이크로 스피커에서는 진동판에 특정한 변형 또는 가공을 하는 경우, 그 영향이 스피커의 재생대역 전체에 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 이러한 영향이 미치는 효과를 검토하기 위해 두께가 19, 25, 38 $\mu\text{m}$ 인 PEI 필름에 단면 구조를 달리하는 4종의 진동판을 성형하여 특성을 비교하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 측정용 시료

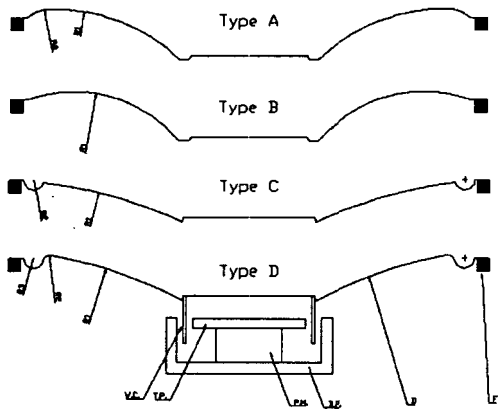
마이크로 스피커의 진동판 두께 및 형태변화에 따른 특성을 시험하기 위해 제작된 시료의 구조를 [그림 1]에 실어 놓았다.

각 진동판의 내경은 15mm, 외경은 19mm로 동일한 크기를 갖도록 하여 면적에 따른 음파 방사효율의 특성이 달라지는 것을 고려하지 않도록 하였고, 영구자석, 보이스코일, 상판과 하판 등의 자기회로 구성을 동일하게 하여 임피던스 및 구동력의 차이를 고려하지 않도록 하였다. 즉, 진동판의 두께 및 형태에 따른 차이만을 고려할 수 있도록 하였다.

진동판 A형은 곡률  $R_1$ 으로 방사상으로 진동판의 대부분이 휘어있고, 진동판 지지부와 진동판이 인접한 면에

서  $R_2$ 로 다시 곡률을 주어 접착하였다. 이때,  $R_1 \sim 4R_2$ 로 성형하였다. 진동판 B형은 진동판 전체를 방사상으로 단일 곡률  $R_1$ 을 갖도록 성형하였고, C형은 진동판 전체를 방사상으로 곡률  $R_1$ 으로 성형하고 진동판 지지부에 접착되기 전의 원주 상에 반경  $R_2$ 의 오목한 홈을 형성하였다. D형은 C형과 동일한 구조이나 진동판 전체의 방사상 곡률을 약 1/3로 하고, 원주상의 오목한 홈과 만나는 부위에 부가적인 곡률을 갖도록 하였다.

다음의 [표 1]은 [그림 1]의 진동판을 사용하여 측정된 양들이다. 여기에서,  $m$ 은 진동판과 보이스코일을 접착한 상태에서 측정된 질량이고,  $f_0$ 는 완성된 스피커의 공진 주파수이다.  $s$ 는 진동부의 진동을 단조화 운동으로 고려하여 구한 역학적 강성이다.



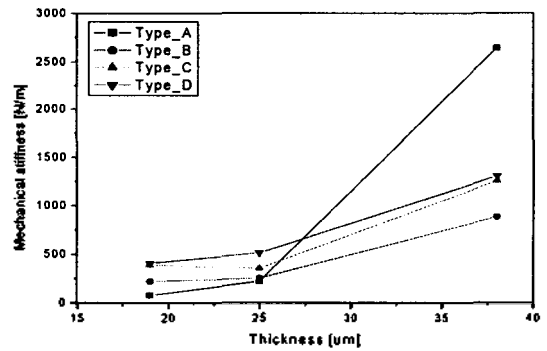
[그림 1] 측정에 사용된 진동판들의 단면

t	Qty's	Type A	Type B	Type C	Type D
19 [ $\mu$ m]	m [g]	0.0219	0.0201	0.0220	0.0205
	$f_0$ [Hz]	300	530	670	710
	s [N/m]	78	223	390	408
25 [ $\mu$ m]	m [g]	0.0226	0.0228	0.0248	0.0203
	$f_0$ [Hz]	500	530	600	800
	s [N/m]	223	253	352	513
38 [ $\mu$ m]	m [g]	0.0297	0.0277	0.0254	0.0264
	$f_0$ [Hz]	1500	900	1120	1120
	s [N/m]	2638	886	1258	1307

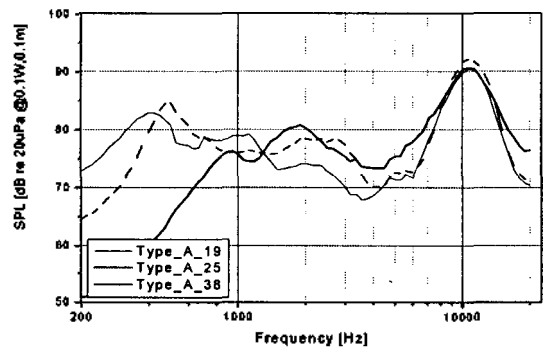
[표 1] 진동판 형태와 두께 별로 측정된 진동계 질량과 스피커의 공진 주파수

## 2.2 측정 결과

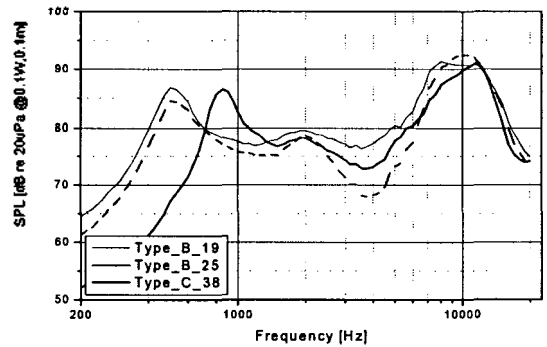
다음의 [그림 2]는 [표 1]의 진동판 두께와 진동계의 역학적 강성간의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. [표 1] 또는 [그림 2]에 나타난 결과는 진동판의 질량 증가와 공진 주파수 변화 사이에 큰 영향이 없는 것을 보여주고 있고, 오히려 진동판의 두께증가에 의한 진동판의 강성이 주된 공진 주파수 변화의 원인인 것을 보여준다. 즉, 두께 변화에 따른 진동판에서의 역학적 강성의 변화는 스피커의 재생대역을 크게 변화시키게 되고, 그 결과를 다음의 [그림 3] ~ [그림 6]에서 보여주고 있다.



[그림 2] 진동판 두께에 따른 진동계의 강성변화



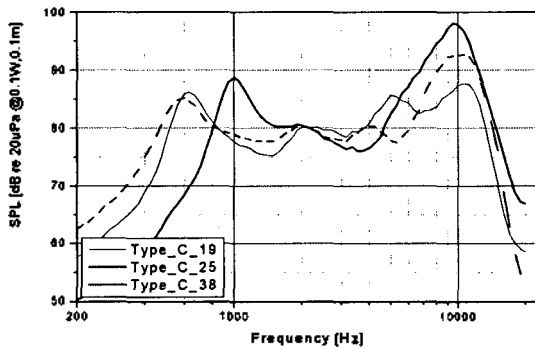
[그림 3] A형 진동판의 두께 변화와 주파수 응답특성



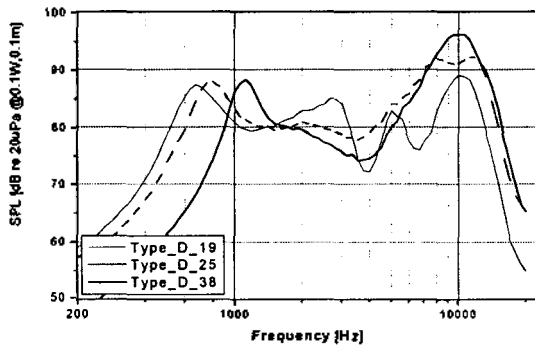
[그림 4] B형 진동판의 두께 변화와 주파수 응답특성

다음의 [그림 7] ~ [그림 9]는 동일한 두께의 필름을 다양한 곡률로 변형시킨 효과를 보여주고 있다.

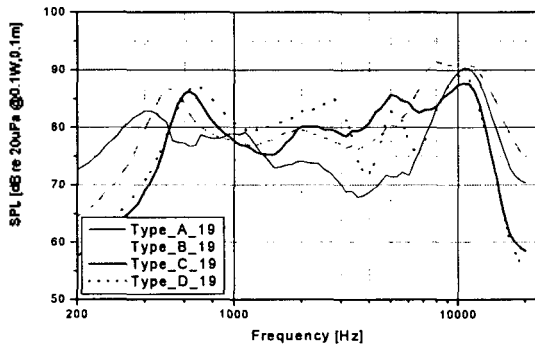
특히, [그림 7]의 두께 19 $\mu\text{m}$ 의 두께로 성형한 진동판의 경우, 스피커의 재생대역에서 큰 차이를 나타내고 있다. 특히, C형 또는 D형 진동판과 같이 진동판 지지 부위에 서라운드를 형성하는 것은 낮은 주파수대역의 재생에서 불리한 결과를 나타낸다. 진동판이 얇아 충분한 컴플라이언스를 갖는 경우, A형 또는 B형의 형태가 보다 큰 진동면적을 확보할 수 있다는 것을 의미한다.



[ 5] C ] 진동판의 두께변화와 주파수 응답특성



[그림 6] D형 진동판의 두께변화와 주파수 응답특성



[그림 7] 두께 19 $\mu\text{m}$  진동판의 곡률변화와 응답특성

그러나, 진동판의 두께가 두꺼워져, 진동판의 역학적 강성이 커지는 경우에는, [그림 9]에서 보여 주는 것과 같이 오히려 낮은 주파수 대역의 재생에 불리한 결과가 나타난다.

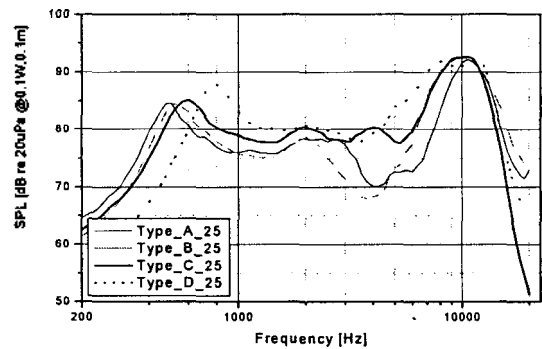
즉, 진동판 소재의 강성이 큰 경우, 단일 곡률로 형성되는 진동판 구조보다는 서라운드 구조를 갖는 방식이 저역 재생에 유리하다.

### 3. 결론

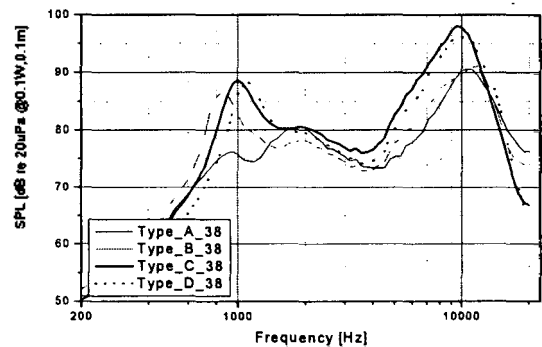
마이크로 스피커의 경우, 진동판 두께 및 단면 구조에 따른 주파수 응답특성의 측정을 통해, 저역 재생 한계를 결정하는 공진주파수는 진동계의 질량보다는 진동판의 역학적 강성이 주요한 요소임을 확인하였다.

또한, 진동판 두께 만이 아닌 진동판의 단면 구조 및 서라운드 구조에 따라 재생 주파수 대역 전체가 크게 변화하는 것을 확인하였다.

향후, 마이크로 스피커용 진동판을 연구 및 개발하는 경우, 소재에 대한 개발 외에도 기하학적 구조에 따른 박막의 진동특성의 연구는 마이크로 스피커의 성능 및 음질 개선에 큰 효과를 나타낼 수 있을 것이다.



[그림 8] 두께 25 $\mu\text{m}$  진동판의 곡률변화와 응답특성



[그림 9] 두께 38 $\mu\text{m}$  진동판의 곡률변화와 응답특성

## 참고문헌

1. David Featherston, "Loudspeaker Response Improvement Using Cone Thickness Variation". J. Audio Eng. Soc., vol. 48, No. 12, 2000 December.
2. T. Shindo, O. Yashima, and H. Suzuki, "Effect of Voice-Coil and Surround on Vibration and Sound Pressure Response of Loudspeaker Cones", An anthology of articles on loudspeakers from the pages of the Journal of the Audio Engineering Society Loudspeakers vol.2, pp.169-178, 1984
3. F. J. M. Frankort, "Vibration Patterns and Radiation Behavior of Loudspeaker Cones", An anthology of articles on loudspeakers from the pages of the Journal of the Audio Engineering Society Loudspeakers vol.2, pp.16-29, 1984