

원형 마이크로스피커 진동판의 인장강도와 공명진동수 사이의 연관성

Correlation Between Tensile Strength of Diaphragm and Resonance Frequency for Micro-Speaker

오 세 진*, 김 해 영**
(Sei-Jin Oh*, Hae-Young Kim**)

*주성대학 음향공학과, **동명대학교 정보통신대학 멀티미디어공학과
(접수일자: 2009년 2월 2일; 수정일자: 2009년 3월 9일; 채택일자: 2009년 4월 15일)

본 연구에서는 마이크로스피커에서 진동판의 패턴에 따른 음향특성의 변화를 연구하였다. 진동판을 에지부와 돔부로 크게 나누고, 이들 각각에 대한 패턴형태의 변화는 진동판의 인장강도에 영향을 주는 것으로 나타났고, 그 결과로써 마이크로스피커의 공명진동수가 변하였다. 에지부에서 패턴의 수가 증가하면, 공명진동수가 증가하여 최대가 된 후에 다시 지수함수적으로 감소하였다. 에지부에서 “U”형 드릴의 사용, 회오리형 패턴과 “V”형 드릴의 각도를 감소시키거나 또는 돔부에서 방사형 패턴의 수와 돔 높이의 감소와 곡률반경의 증가는 진동판의 인장강도를 증가시켜 공명진동수를 높였다. 그러나 에지부에서 “V”형 드릴의 사용, 방사형 패턴과 “V”형 드릴각도의 증가와 돔부에서 방사형 패턴의 수와 돔의 높이를 증가시키거나 곡률반경을 감소시키면 진동판의 인장강도가 감소하여 공명진동수가 감소하였다.

핵심용어: 공명진동수, 인장강도, 마이크로스피커, 진동판 패턴, 스티프니스

투고분야: 전기음향 분야 (3)

In this study, the acoustical properties of micro-speaker had been studied as a function of diaphragm patterns. The diaphragm was divided into two sections, such as edge and dome sides. The pattern change at each side affected the tensile strength of diaphragm. As a result, the resonance frequency was varied with the change. With increasing the number of pattern at the edge side, it was increased at the first, but it reversed to the exponential decrease of that. It increased due to the increase of tensile strength to be caused by using “U” type of drill and whirlwind pattern, and decreasing of drill angle at the edge side. However, it was decreased due to the decrease of tensile strength to be by increasing the number of radiation pattern and dome hight, and decreasing the dome radius at the dome side.

Keywords: Resonance frequency, Tensile strength, Micro-speaker, Diaphragm pattern, Stiffness

ASK subject classification: Electro-Acoustics (3)

I. 서론

디지털 시대의 도래와 함께 많은 전자제품과 장치들이 아날로그에서 디지털 방식으로 바뀌었다. 이는 제품의 크기를 감소시키고 품질을 향상시키는 결과를 가져왔다. 뿐만 아니라, 소형 전자제품들의 개발이 줄을 이었고, 이들에 대한 품질향상이 지속적으로 추구하고 있다. 이

제품들에는 영상과 음향을 비롯한 여러 가지 멀티미디어 기능들이 탑재되어 있다. 만약 음향에 관련된 오디오 기능이 필요한 경우에는 이어폰 또는 마이크로스피커들이 음향재생장치들로 많이 사용되고 있다. 그러나 이들 제품의 지속적인 크기감소는 음향재생장치인 마이크로스피커의 크기축소로 이어지게 되고, 마이크로스피커의 크기감소는 다시 음질의 열화로 나타나게 된다. 이처럼 음질의 열화를 감소시키거나 방지하기 위하여, 마이크로스피커의 특성에 대한 여러 가지 연구들이 증가하고 있는 추세이다 [1-14].

책임저자: 김 해 영 (hykim@tu.ac.kr)
608-711 부산시 남구 신선로 179번지
동명대학교 정보통신대학 멀티미디어공학과
(전화: 051-629-1215; 팩스: 051-629-0469)

현재까지 마이크로스피커의 품질은 공명진동수 (f_0), 출력 (SPL)과 전체조화왜 (THD)등에 의해 일반적으로 규정되고 있다. 이들 세 가지 특성들이 각각 독립적으로 거동하기 보다는 서로 간에 연계성을 가지고 있는 것으로 나타나고 있다 [3,6,10]. 예를 들면, 공명진동수가 높아지면 출력이 증가하게 되고, 출력의 증가는 전체조화왜를 동반적으로 상승시키는 결과로 나타나기도 한다. 이들은 마이크로스피커의 구조와 부품들의 특성에 의하여 영향을 받는 것으로 조사되었다 [4][7-14]. 특히 진동판의 경우에는 재질, 두께, 형상 그리고 패턴 등에 관련된 많은 요소들이 마이크로스피커의 특성에 깊이 관여하고 있다 [7-14]. 따라서 본 연구에서는 마이크로스피커의 구조를 비롯하여 진동판의 재질과 두께를 동일하게 유지하는 가운데 진동판 패턴의 변화에 따른 마이크로스피커의 음향 특성을 연구하였다.

II. 실험방법

공칭 임피던스가 8Ω 인 원형의 마이크로스피커를 본 연구를 위하여 사용하였다. 이 때 $25\ \mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 PET의 재질로 제작된 진동판의 지름은 $16.32\ \text{mm}$ 이고 높이가 $0.5\ \text{mm}$ 이었다 (그림 1). 본 연구에서는 진동판을 에지부와 돔부로 크게 나누었다 (그림 2). 아래의 표 1에 나타난 것처럼, 에지부에서 진동판 패턴의 개수, 형태, 형상과 넓이를 바꾸었고, 돔부에서는 빗살형태의 패턴 수와 곡률의 높이 및 반경을 변화시켜가며 마이크로스피커의 음향특성을 연구하였다. 이 때 형상과 넓이는 패턴을 만드는 드릴의 형상 및 각도를 의미한다. 그리고 빗살 무늬가 24개로 구성되고, 각 패턴에 대한 홈의 형상이 "V"로 제작된 마이크로스피커의 공명진동수를 본 연구를 위한 상대적인 기준으로 설정하였다 (그림 2).

표 1. 진동판 패턴의 형태 및 형상
Table 1. The type and sharp of the pattern for diaphragm.

변수		설계조건						
		1	2	3	4	5	6	7
에지부	개수	0개	4개	6개	8개	12개	24개	32개
	형태	방사형	회오리형					
	형상	V형	U형					
	넓이	40°	50°	60°	90°	110°		
돔부	빗살개수	4개	12개	18개	24개			
	곡률	높이	1/3	2/3	1	4/3		
		반경	28.6406 mm	72.3871 mm	147.5129 mm			

마이크로스피커를 무향실 ($4 \times 4 \times 4.5\ \text{m}^3$) 안에 설치된 1,000 cc의 아크릴 정사각형 배플박스 전면에 부착하였다 (그림 3). 그리고 주파수가 20 Hz부터 20 kHz의 사인파를 신호발생기로부터 발생시켰다. 이 음향신호는 B&K 2716C의 파워앰프를 거치면서 0.1W로 증폭된 후에 마이크로스피커 샘플들로 입력되었다. 그 때 마이크로스피커와 마이크론 (1/2인치, B&K 4191) 사이의 거리는 10

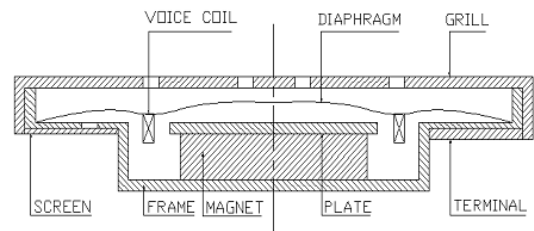


그림 1. 마이크로스피커의 구조도
Fig. 1. Shape of Micro-speaker system.

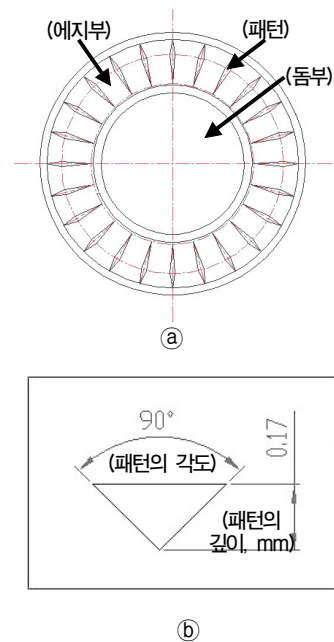


그림 2. 기준 샘플의 진동판 형상
Fig. 2. Diaphragm shape of the reference Micro-speaker system.

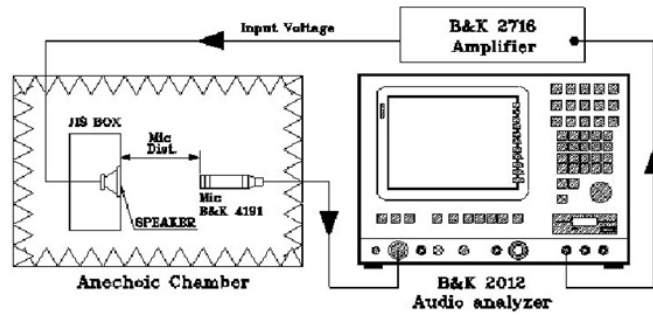


그림 3. 실험장치도
Fig. 3. Schematic of measuring system for impedance and sound pressure level.

cm를 유지하도록 하였다. 마이크로폰으로부터 나온 음향신호는 IEC 60268-5의 규격에 따라 오디오 분석기(B&K 2012)를 통해 분석되었다. 이와 같이 얻어진 실험적 데이터들은 진동판의 패턴과 마이크로스피커의 음향 특성 사이의 연관성을 연구하는데 사용되었다.

III. 연구결과 및 논의

스피커의 보이스 코일에 전류가 입력되면 진동판이 운동을 하게 되고, 이로 인하여 소리가 발생하게 된다. 이 때 소리가 진동판으로부터 발생되기까지는 전기적 에너지가 기계적 에너지의 형태를 거쳐 음향에너지의 형태로 전환되는 과정을 거치게 된다. 다시 말하면, 보이스 코일에 입력된 전기적 오디오 신호는 진동판을 수직적으로 왕복운동을 시키는 기계적인 에너지의 형태로 전환된다. 이 때 전기와 기계에너지 사이의 연관성을 전기적인 등가 회로로 해석하게 된다 [10].

우선, 스피커에 대한 전기적인 해석을 위하여, 아래와 같이 인덕터, 저항과 콘덴서들이 직렬로 연결된 RLC 직렬공진회로를 생각해 보자 (그림 4).

이 때 입력전압 (V)은 $V_{ext}(j\omega t)$ 의 형태를 가지며, 전하량 (q(t))에 대한 미분방정식은 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$L \cdot d^2q/dt^2 + R \cdot dq/dt + q/C = V \tag{1}$$

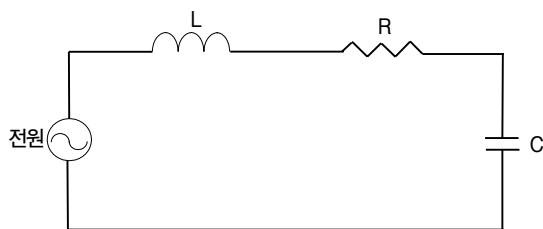


그림 4. RLC 직렬공진회로
Fig. 4. RLC resonance circuit.

여기서, q, L, R과 C는 전하량, 인덕턴스, 저항, 커패시턴스를 각각 의미한다. 식 (1)에서 전하량 (q(t))에 대한 일반해를 구하면 아래와 같다.

$$q(t) = V(t) / j\omega[j\omega L + 1/j\omega C + R] \tag{2}$$

전류 (I(t))는 dV/dt 이므로 $j\omega q(t)$ 가 되어, 식 (2)을 V(t)에 대하여 다시 적으면 다음과 같다.

$$V(t) = I(t)[j\omega L + 1/j\omega C + R]$$

오옴의 법칙 ($V=IZ$)에 의하면, 식 (1)에서의 전기적 임피던스 (Z_e)와 공명진동수 (f_0)를 아래와 같이 쓸 수 있게 된다.

$$Z_e = j\omega L + 1/j\omega C + R \tag{3}$$

$$f_0 = 1/2\pi \times (1/LC)^{1/2} \tag{4}$$

스피커에 대한 기계적인 해석을 살펴보면, (그림 5)에서 보여주는 것처럼 질량이 M인 물체가 용수철의 탄성력에 의해 진동운동이 시작된 후에 진폭이 점차적으로 줄어들어 마침내 정지하게 된다. 그러나 물체의 진동이 계속될 수 있도록 외력이 지속적으로 주어진다면, 물체의 진동은 유지될 것이다. 이런 형태의 진동을 강제진동이라 하며, 스피커에서 진동판의 운동을 강제진동과 동일하게 취급할 수 있다. 왜냐하면 스피커에 입력되는 전류를 외력으로 취급할 수 있기 때문이다.

만약 (그림 5)에서 질량이 M인 물체에 작용하는 힘 (f(t))이 $F e^{j\omega t}$ 의 형태를 갖게 되면, 외력 (F)에 관련한 운동방정식을 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$M \cdot (d^2x/dt^2) + R_m \cdot (dx/dt) + S \cdot x = f(t) \tag{5}$$

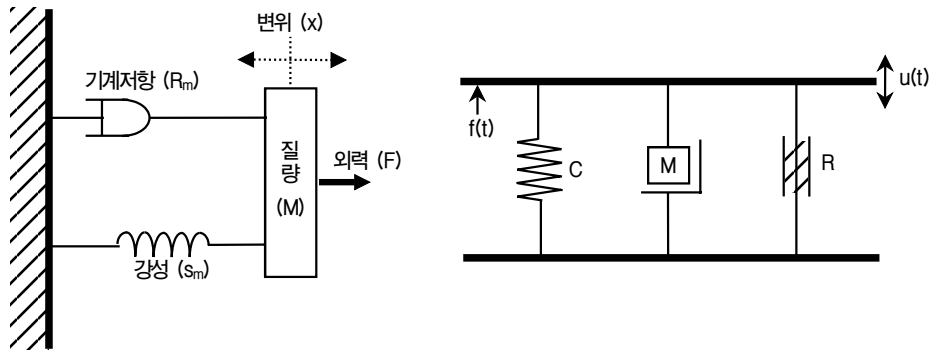


그림 5. 스피커 운동의 기계적 해석도
Fig. 5. Mechanical Analysis of the movement for speaker.

여기서 M, R_m과 S_m들은 질량, 저항과 스티프니스 (=1/C, C: 기계적 컴플라이언스)에 관련한 계수들이다. 식 (5)에서 x(t)에 대한 일반해를 구해 보면, 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$x(t) = Fe^{j\omega t} / j\omega[j\omega M + S/j\omega + R_m] \quad (6)$$

진동판의 운동속도 (u(t))는 dx/dt로써 jωx(t)이므로, 이를 사용하여 식 (6)을 다시 적어보면 다음과 같다.

$$f(t) = u(t)[j\omega M + S/j\omega + R_m]$$

다시 오옴의 법칙에 의하여, 식 (5)에서의 전기적 임피던스 (Z_m)와 공명진동수 (f_o)는 아래와 같이 쓸 수 있게 된다.

$$Z_m = [j\omega M + S/j\omega + R_m] \quad (7)$$

$$f_o = 1/2\pi \times (S/M)^{1/2} \quad (8)$$

전기적 임피던스와 공명진동수에 관한 식 (3-4)과 식 (7-8)을 서로 비교하여 보면, 수식의 형태가 동일한 가운데 전기적인 L, C와 R이 기계적인 M, 1/S와 R_m에 대응하게 된다.

마이크로스피커는 단순히 유닛이라기 보다도 일종의 스피커시스템으로 해석해야 한다는 것을 다른 논문에서 지적한 바 있다 (본 논문에서 기술되는 모든 “마이크로스피커”는 실제적으로 “마이크로스피커시스템”을 의미하게 된다, [11-12]). 따라서 식 (8)에서의 공명진동수 (f_o)를 스피커시스템의 공명진동수 (f_B)로 해석하기 위해서는 식 (8)의 스티프니스 (S)를 댐퍼 (S_d)와 에지 (S_e)에 의한 스티프니스에 인클로저 (S_c)에 의한 스티프니스를 아래와 같이 새롭게 추가시켜야 할 것이다 [7-8][12][14].

$$S = S_d + S_e + S_c$$

마이크로스피커의 경우에는 별도의 댐퍼와 에지가 사용되지 않기 때문에, 댐퍼에 의한 스티프니스를 고려할 필요가 없게 된다. 그러나 진동판의 맨 가장자리는 에지의 기능이 존재하기 때문에 트위터에 사용되는 고정형에 지 (fixed edge)처럼 취급되어야 할 것이다 [7-8][12][14]. 따라서 마이크로스피커의 경우의 스티프니스는 아래와 같이 다시 쓸 수 있다.

$$S = S_e + S_c$$

스피커시스템에 대한 스티프니스는 진동판의 재료적인 특성에 많이 의존하게 된다. 다시 말하면, 진동판이 동일한 재료로 제작되었다 하더라도 탄성 또는 두께의 변화에 의하여 스티프니스도 변할 수 있기 때문이다. 마이크로스피커의 경우에도 진동판의 패턴변화를 통하여 스티프니스와 같은 재료특성을 변화시켜가며 이에 따른 음향특성을 변화시키고 있다. 그리고 식 (8)에서의 스티프니스 (S)가 진동판의 인장강도 (tensile strength, σ)에 의해 대치되어 아래와 같이 해석될 수 있음을 본 저자에 의해 다른 논문에서 지적한 바 있다 [14].

$$f_B = 1/2\pi \times (\sigma/M)^{1/2} \quad (9)$$

여기서 σ는 인장강도를 의미하며, 본 연구에서의 마이크로스피커시스템에 대한 공명진동수 (f_B)는 인장강도에만 의존하게 될 것이다. 왜냐하면 진동판의 패턴을 변화시킨다고 하여도 진동판의 전체적인 크기가 달라지는 것은 아니어서 실효질량이 변하는 것이 아니기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 진동판의 패턴변화에 따른 인장강도 및 공명진동수 사이의 연관성을 보여주게 될 것이다.

우선 패턴의 형태를 모두 동일하게 유지하는 가운데, 에지부에서의 패턴의 수만을 (그림 6)과 같이 0개에서 32개까지 증가시켰다. 이 경우에 대한 공명진동수의 변화를 표 2와 (그림 7)에 나타내었다.

이 결과에서 보는 바와 같이, 패턴이 없는 경우로부터 패턴의 수가 증가함에 따라서 공명진동수가 점차적으로 높아지다가 6개에서 최대가 된 후에 다시 감소하게 된다. 6개 이상의 패턴에서, 패턴 수의 증가에 따른 실험적 공명진동수 값들의 감소를 아래의 식에 의하여 지수함수적으로 피팅 (fitting)을 시도하였으며,

$$f_B = A + B \cdot e^{-x/C} \quad (10)$$

여기서, A, B와 C는 기준 공명진동수, 비례 및 감쇠상수들을 각각 의미한다. 식 (10)을 활용한 실험적 데이터들의 피팅을 위해 A, B와 C를 696 Hz, 578.5 그리고 9.4278로 아래와 같이 결정하였다.

$$f_B = 696 + 578.5 \cdot e^{-x/9.4278}$$

그 결과로써, 만약 패턴의 수가 32개 이상으로 증가한다고 하여도 공명진동수의 변화는 그리 크지 않을 것으로 추정할 수 있다. 다시 말하면, 패턴의 수를 특정한 개수 이상으로 증가시킨다고 해도 공명진동수의 감소는 크게 일어나지 않는다는 것이다. 이러한 특성은 식 (9)로부터 패턴 수의 증가에 따라서 진동판의 인장강도가 증가하지만 어느 특정한 개수에서 최대가 된 후에 다시 지수함수적으로 감소하게 된다는 것을 의미한다. 이는 진동판에서 패턴의 수를 어느 이상으로 증가시키면, 패턴 수의 증가에 따른 인장강도의 감소로 인하여 마이크로스피커의 공명진동수 (f_B)를 낮출 수 있음을 보여주는 것이다.

표 2. 진동판 패턴의 형태 및 형상에 따른 공명진동수
Table 2. The resonance frequency as a function of pattern type and sharp.

변수		공명진동수 (Hz)						
		1	2	3	4	5	6	7
에지부	개수	750	900	1,000	950	850	750	710
	형태	750	900					
	형상	750	800					
	넓이	1,000	850	950	750			
돔부	빗살개수	900	800	800	750			
	곡률	높이	800	750	750	710		
		반경	750	850	950			

두 번째는 진동판에서 에지부의 패턴이 방사형 (radi-

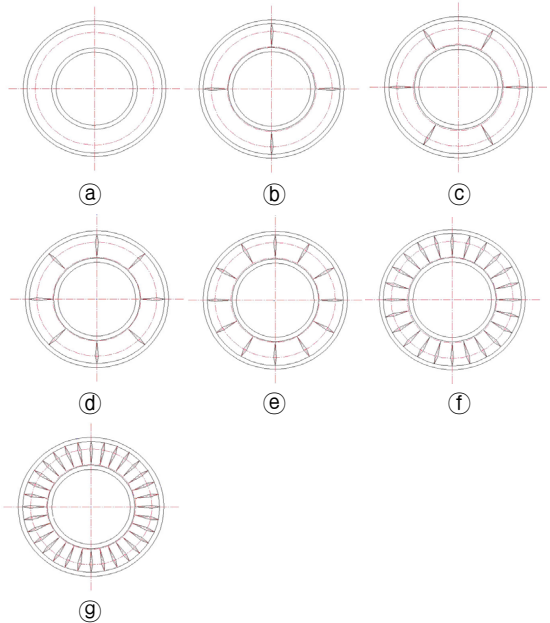


그림 6. 에지부에서 패턴의 개수 (a)0개, (b)4개, (c)6개, (d)8개, (e)12개, (f)24개, (g)32개
Fig. 6. Number of pattern in edge side (a)0, (b)4, (c)6, (d)8, (e)12, (f)24, (g)32).

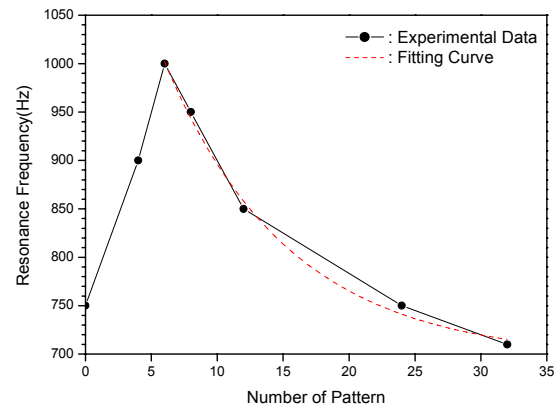


그림 7. 에지부에서 패턴의 개수에 따른 공명진동수의 거동
Fig. 7. The behavior of resonance frequency as a function of pattern number in edge side.

ation)과 회오리형 (whirlwind)인 경우를 (그림 8)에 나타내었고, 이들에 의한 공명진동수 (f_b)의 거동을 표 2와 (그림 9)에서 볼 수 있다. 패턴의 형태가 방사형에서 회오리 형태로 바뀌에 따라서 공명진동수가 750 Hz에서 900 Hz로 약 20% 높아지는 것을 볼 수 있다. 이처럼 공명진동수가 변하는 것은 패턴형태가 방사형에서 회오리형으로 달라짐에 따라서 진동판의 인장강도가 약 44% 증가하였음을 식 (9)으로부터 알 수 있다.

세 번째는 진동판에서 에지부의 패턴을 만드는 홈의 형상에 의한 공명진동수의 특성을 조사하였다. 실제로 진동판의 패턴을 제작하는 드릴의 형상은 “V (cut)”형 또는 “U (ball)”형을 많이 사용하고 있다. 본 연구에 사용된 이들의 형상을 (그림 10)에 나타내었고, 그에 대한 결과를 표 2와 (그림 11)에 나타내었다.

(그림 11)에서 보여주는 것처럼, “U”형의 경우가 “V”형보다도 공명진동수가 더 높게 나타나고 있다. 이는 식 (9)로부터 “U”형이 “V”보다 진동판의 인장강도가 더 높기 때문인 것으로 설명할 수 있다. 이러한 특성은 마이크로스피커와 같이 작은 스피커에서 저음의 발생을 조금이라도 강화하기 위해서는 진동판의 패턴을 “U”형보다는 “V”형 드릴을 사용하는 것이 더 도움이 된다는 것을 말해주는

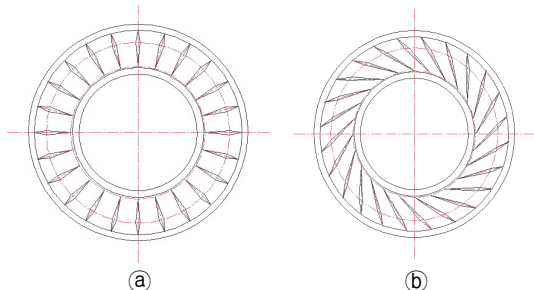


그림 8. 에지부에서 패턴에 대한 형태 (a)방사형, (b)회오리형
Fig. 8. The type of pattern in edge side.

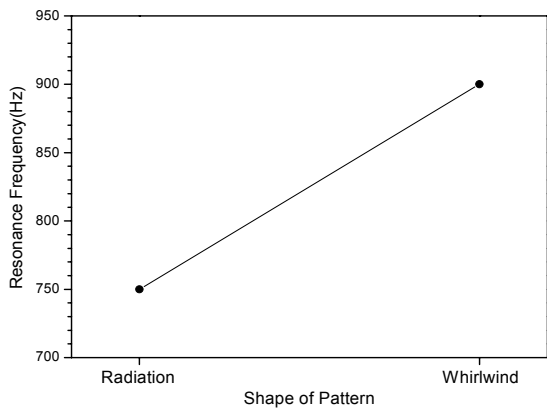


그림 9. 에지부에서 패턴의 형태에 따른 공명진동수의 거동
Fig. 9. The behavior of resonance frequency as a function of pattern type in edge side.

것이다.

에지부의 패턴에 대한 마지막 연구는 진동판 패턴에 대한 드릴의 각도이다. 다시 말하면, “V”형의 드릴을 사용하여 빗살무늬를 24개 제작하는데 있어서 드릴의 각도를 변화시키는 것이다. 이 때 드릴의 각도를 40°, 50°, 60°, 90°, 그리고 110°등으로 변화시켰다 (그림 12). 그에 대한 공명진동수의 변화가 표 2와 (그림 13)에 나타나고 있다. (그림 13)에는 각 데이터들의 실험적 오차를 고려하여 선형적으로 피팅한 결과도 함께 나타나고 있다.

이들 결과에 의하면, 드릴의 각도가 점점 넓어질수록 공명진동수가 선형적으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 “V”형 드릴의 각도가 넓어질수록 진동판의 인장강도

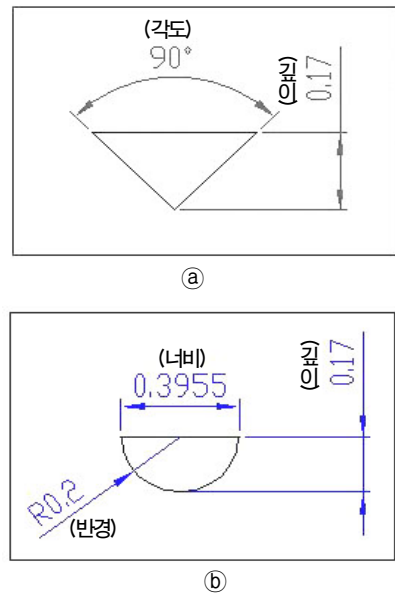


그림 10. 에지부에서 패턴에 대한 홈의 형상 (a)V형, (b)U형)
Fig. 10. The drill shape for the pattern in edge side.

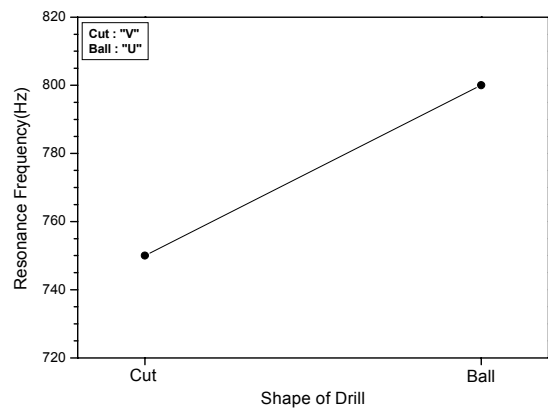


그림 11. 에지부에서 패턴에 대한 홈의 형상에 따른 공명진동수의 거동
Fig. 11. The behavior of resonance frequency as a function of drill shape in edge side.

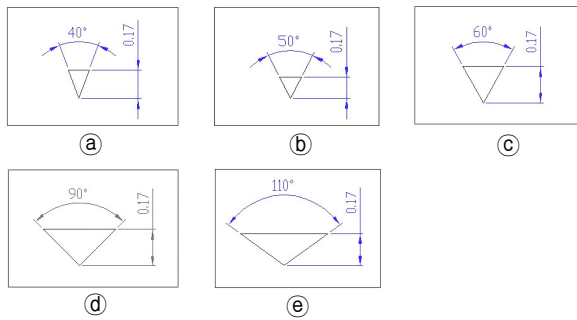


그림 12. 에지부에서 패턴에 대한 홈의 높이 (@40°, @50°, @60°, @90°, @110°)

Fig. 12. The drill angle for the pattern in edge side.

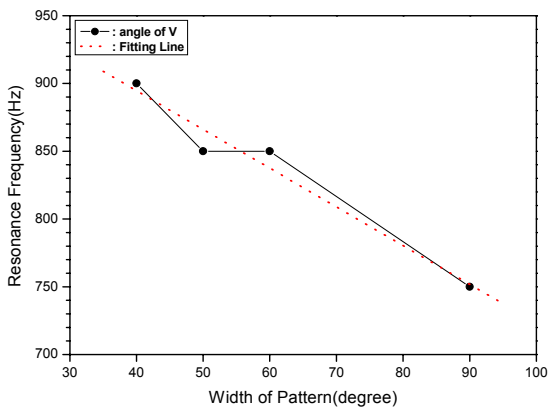


그림 13. 에지부에서 패턴에 대한 홈의 넓이에 따른 공명진동수의 거동

Fig. 13. The behavior of resonance frequency as a function of drill angle in edge side.

가 감소한다는 것을 말해주는 것이다. 따라서 “V”형 드릴을 사용하여 진동판의 패턴을 제작하는 경우에 드릴의 각도를 넓힐수록 마이크로스피커의 공명진동수를 감소시킬 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

(그림 14)에서 보여주는 것처럼, 만약 돔부에 방사형태의 패턴을 만들었을 때에 그의 개수를 4부터 12개, 18개 그리고 24로 변화시켰다. 이처럼 돔부에서 방사형 패턴의 수에 따른 공명진동수의 변화를 (그림 15)에 나타내었다. 다시 말하면, 패턴의 수가 증가함에 따라서 공명진동수가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이처럼 공명진동수의 감소는 진동판의 인장강도가 감소하기 때문이라는 것을 식 (9)으로부터 알 수 있다. (그림 15)에는 돔부에서 패턴의 수에 따른 공명진동수의 변화를 아래에 식에 의해 피팅한 결과를 점선으로 보여주고 있다.

$$f_B = -0.95 \cdot x + 25 \quad (11)$$

따라서 돔부에서 방사형 패턴의 수가 증가할수록 공명진동수가 선형적으로 감소한다는 것을 알 수 있다.

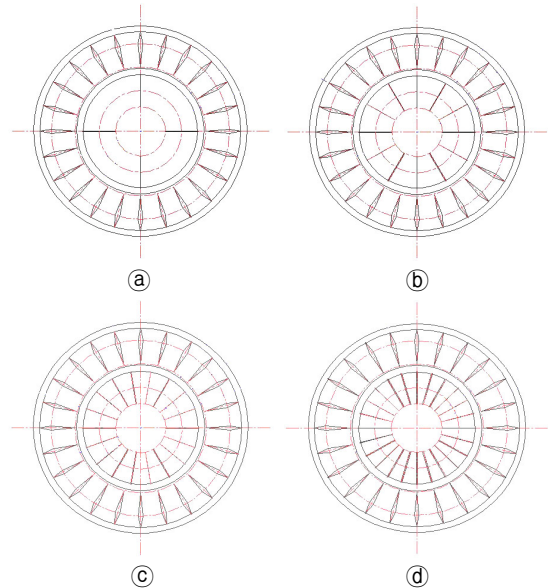


그림 14. 돔부에서 방사형 패턴의 개수 (@4개, @12개, @18개, @24개)

Fig. 14. Number of radiation pattern in dome side (@4, @12, @18, @24).

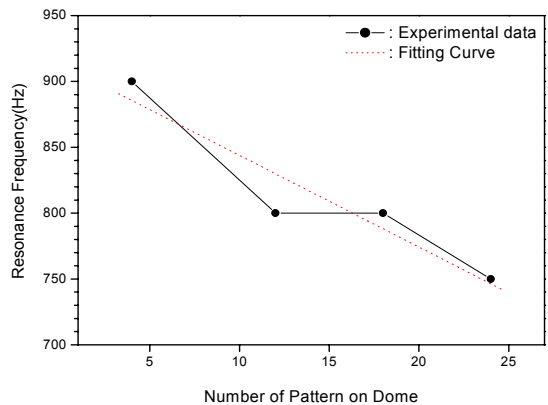


그림 15. 돔부에서 방사형 패턴의 개수에 따른 공명진동수의 거동

Fig. 15. The behavior of resonance frequency as a function of pattern number in dome side.

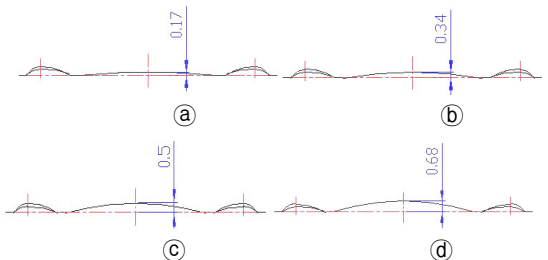


그림 16. 돔부의 높이 (@0.17 mm, @0.34 mm, @0.50 mm, @0.68 mm)

Fig. 16. Hight of Dome (@0.17 mm, @0.34 mm, @0.50 mm, @0.68 mm).

돔의 높이를 (그림 16)처럼 조정하였을 경우에 대한 결과를 표 2와 (그림 17)에서 보여주고 있다. 돔의 높이를

증가시키게 되면, 진동판의 인장강도가 감소하면서 마이크로스피커의 공명진동수가 감소하는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라, 이들 데이터의 실험적 오차를 고려하여 아래의 식에 따라 선형적으로 피팅한 결과도 (그림 17)에 함께 보여주고 있다.

$$f_B = -0.95 \cdot x + 14 \quad (12)$$

이는 돔부에서 방사형 패턴의 개수 변화와 동일하게, 돔의 높이가 증가할수록 진동판에 대한 인장강도의 감소와 함께 마이크로스피커의 공명진동수가 선형적으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 그런데 식 (11)과 식 (12)를 비교하여 보면, 패턴의 수와 돔의 높이가 증가할 경우에 대해 공명진동수를 감소시키는 기울기가 -0.95로써 서로 동일하다는 것을 볼 수 있다. 이는 돔부에서 방사형 패턴의 수와 돔의 높이에 대한 변화가 마이크로스피커의 공명진동수에 미치는 영향이 서로 동일하다는 것을 말해주는 것이다.

마지막으로 돔부에서의 곡률반경을 28,6406 mm부터 72,3871 mm와 147,5129 mm로 증가시켰다 (그림 18). 돔부의 곡률반경에 따른 공명진동수의 변화를 표 2와 (그림 19)에 나타내었다. 이 경우에는 패턴의 수와 돔의 높이와는 다르게 곡률이 증가할수록 공명진동수가 선형적으로 함께 증가하는 것을 알 수 있다. 이들 실험적 공명진동수들에 대한 선형적 피팅결과도 (그림 19)에 함께 나타내었다. 이 때 사용되었던 피팅에 관련한 수식은 아래에 같다.

$$f_B = 0.99 \cdot x + 21$$

식 (9)에 의하면, 돔부에서 곡률반경의 증가는 진동판의 인장강도를 높여주고, 그 결과로써 마이크로스피커의 공명진동수가 증가한 것으로 판단된다.

IV. 결론

마이크로스피커의 에지부와 돔부에서 패턴에 대한 형상의 변화는 진동판의 인장강도에 영향을 주게 되고, 그 결과로써 공명진동수가 달라지게 되었다. 이들에 대한 특성들을 살펴보면,

- 에지부에서 패턴 수가 증가하면, 공명진동수가 점차 증가하여 최대가 된 후에 다시 지수함수적으로 감소하며,

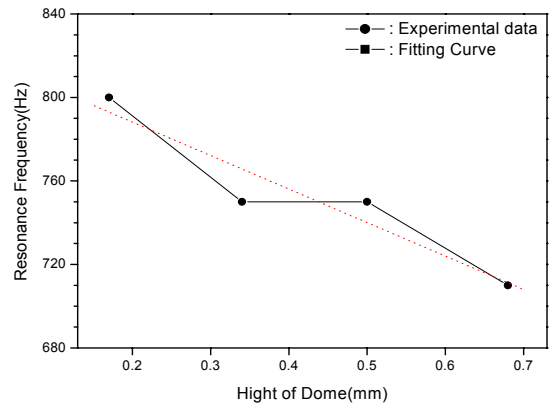


그림 17. 돔부의 높이에 따른 공명진동수의 거동
Fig. 17. The behavior of resonance frequency as a function of dome height.

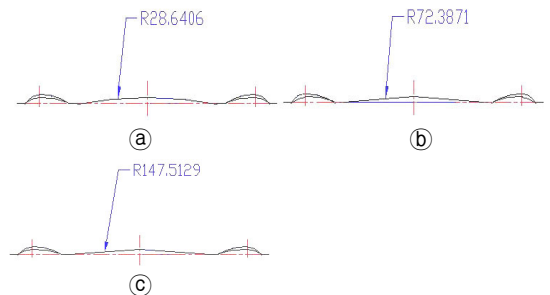


그림 18. 돔부의 곡률반경 (@R28.6406 mm, @R72.3871 mm, @R147.5129 mm)
Fig. 18. Radius of dome (@R28.6406 mm, @R72.3871 mm, @R147.5129 mm).

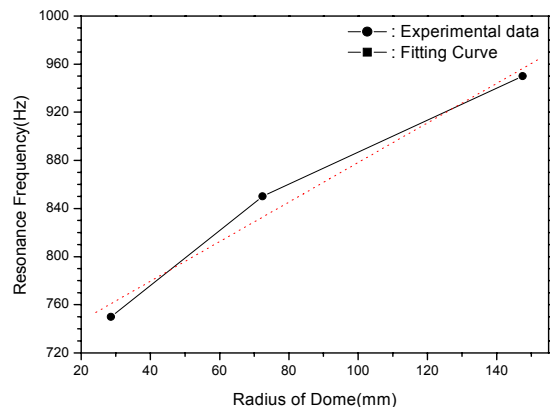


그림 19. 돔부의 곡률반경에 따른 공명진동수의 거동
Fig. 19. The behavior of resonance frequency as a function of dome radius.

- 에지부에서 “U”형 드릴을 사용하거나, 패턴의 형상을 회오리형으로 제작하거나, “V”형 드릴의 각도를 감소시키거나, 또는 돔부에서 방사형 패턴의 수와 돔의 높이를 감소시키거나 곡률반경을 증가시키게 되면 진동판의 인장강도가 증가하여 공명진동수가 증가하게 되고,
- 에지부에서 “V”형 드릴을 사용하거나, 패턴의 형상을 방사형으로 제작하거나, “V”형 드릴의 각도를 증가시

키거나, 또는 돔부에서 방사형 패턴의 수와 돔의 높이를 증가시키거나 곡률반경을 감소시키게 되면 진동판의 인장강도가 감소하여 공명진동수가 감소하게 된다.

참고 문헌

1. Sang-Moon Hwang, Gun-Yong Hwang, Sang-Hyoun Park, Beom-Soo Kang, Deug-Woo Lee, "Performance design of a dynamic receiver for personal communication devices using finite element method," *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 226-230, pp. 1235-1236, 2001.
2. Gun-Yong Hwang, Han-Gyoo Kim, Sang-Moon Hwang, and Beom-Soo Kang, "Analysis of Harmonic Distortion Due to Uneven Magnetic Field in a Microspeaker Used for Mobile Phones," *IEEE Trans. on Mag*, Vol. 38, no. 5, pp. 2376-2378, 2002.
3. John Eargle, *Loudspeaker Handbook*, 2nd Ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, 2003.
4. Sei-Jin Oh, Han-Ryang Lee, Suk Wang Yoon, Jin-Soo Park, "STUDY OF THE ACOUSTICAL PROPERTIES AS A FUNCTION OF BACK CAVITY FOR LOUDSPEAKER," in *Proc. 2003 Inter-noise*, pp. 42, Aug. 2003.
5. Sang-Moon Hwang, Hong-Joo Lee, Ji-Hoon Kim, Gun-Yong Hwang, Won-Yeoul Lee and Beom-Soo Kang, "New Development of Integrated Microspeaker and Dynamic Receiver Used for Cellular Phones," *IEEE Trans. on Mag*, vol. 39, no.5, pp. 3259-3261, 2003.
6. Martin Colloms and Paul Darlington, *High Performance Loudspeaker*, sixth Ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
7. 오세진, "진동판의 재질에 따른 마이크로스피커의 음향특성연구," *한국음향학회지*, 25권, 5호, 72-77쪽, 2006.
8. 오세진, "폴리머 진동판의 두께에 따른 스피커특성연구," *세울리*, 52권, 6호, 536-541쪽, 2006.
9. 오세진, "마이크로스피커 그릴의 구멍크기에 따른 음향임피던스 특성연구," *한국음향학회지*, 25권, 3호, 166-170쪽, 2006.
10. 오세진, *스피커공학*, 석학당, 서울, 2006.
11. 오세진, "후면기공을 갖는 마이크로스피커와 덕트형 스피커시스템의 연관성에 관한 연구," 이에스터, *한국음향학회지*, 26권, 3호, 115-122쪽, 2007.
12. Sei-Jin Oh, "Study of the Relation between Micro-speaker and Ducted Speaker-System, *Acta Acustica united with Acustica*," *Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 94, no. 4, pp. 623-628, 2008.
13. Sei-Jin Oh, "Studying the Acoustic Impedance as a Function of Hole Area of Grille for Micro-speaker," *Acta Acustica united with Acustica*, vol. 94, no. 5, pp. 750-753, 2008.
14. Sei-Jin Oh, "Correlation between Resonance Frequency and Tensile Strength of Diaphragm for a Micro-Speaker System," *submitted in Acta Acustica united with Acustica*, 2009.

저자 약력

•오 세 진 (Sei-Jin Oh)

한국음향학회지 제25권 제5호 참조

•김 해 영 (Hae-Young Kim)

한국음향학회지 제 23권 제5호 참조