

## 초음파 진동자를 이용한 족욕기용 구동회로 제작 및 특성

장은성, 김흥규, 이상호, 류주현, 황락훈, 정희승\*, 정광현\*\*

세명대학교, 주성대학\*, 인하대학교\*\*

### Fabrication and characteristics of the foot-spa driving circuit using ultrasonic vibrator

Eun-Sung Jang, Hyeung-Kyu Kim, Sang-Ho Lee, Ju-Hyun Yoo, Lak-Hoon Hwang, Hoy-Seung Jeong\* and Kwang-Hyun Chung\*\*

Semyung Univ, Jusung College and Inha Univ.\*\*

#### Abstract

In this study, the foot-spa driving circuit using ultrasonic vibrator was manufactured. The used ultrasonic vibrator was PSN-PMN-PZT ceramic with the radius of  $25\Phi$  and the thickness of 2, 2.5, 3, 3.5 and 4mm, respectively. Resonant frequency for driving ultrasonic vibrator at the fabricated circuit was generated using the self exciting and the external exciting methods. Fabricated foot-spa showed the best condition at the resonant frequency of 1.130MHz and the ceramic thickness of 2.0mm. That is, when the foot-spa was operated for 360 min. at 0.5ℓ water, temperature increase of water was 14°C at the self exciting method and 16°C at the external exciting methods, respectively.

**Key Words** : Ultrasonic vibrator, Resonant frequency, foot-spa, self exciting method

#### 1. 서론

초음파(1MHz정도) 에너지를 이용한 초음파 족욕기는 초음파 진동에 의한 인체의 발을 마사지 하고 발에 있는 경혈을 자극함으로써 전신의 기혈순환을 촉진하여 스트레스로 인한 각종 증상들을 개선하고, 온열 작용을 통한 말초의 혈액순환을 촉진하여 피로 회복, 혈압 조절, 자연 치유력을 증가시켜 질병의 예방 및 치료를 할 수 있으며, 또한 오랜시간 신발을 신고 대외 활동을 많이 하는 모든 사람들이 흔히 가질 수 있는 발의 무좀 등의 세균의 번식을 억제시킬 수 있다. 한의학에서 발은 단순한 신체의

일부가 아니라 12 經絡의 순환과 밀접한 관계가 있으며, 五臟六腑의 상태와 그 병리변화를 관찰할 수 있는 인체의 축소판으로 인체를 구성하는 206개의 뼈 중 4분의 1인 52개가 발에 집중돼 있고 또한 100개가 넘는 인대가 뼈·근육과 긴밀하게 연결돼 외부의 압력을 흡수하고 인체의 움직임을 원활히 해주는 역할을 하고 있다. 초음파 에너지를 이용한 초음파 족욕기에서 Key가 되는 것은 초음파에너지를 발생시키는 압전세라믹 초음파 진동자라고 할 수 있다. 압전세라믹을 이용한 초음파 진동자는 일찍이 어군탐지기, 초음파 세척기에서 국,내외적으로 널리 사용되고 있다.[1] 특히 0.5-1MHz정도의 초음파는 미세한 온도상승에 따른 신진대사의 촉

진과 고주파 진동에 따른 기계적인 마이크로 마사지, 생체조직내에서 작용하는 생물적 화학작용등의 효능이 탁월하다고 한다. 초음파가 갖는 최대 특징은 조직 침투성에 있다고 할수 있는데 이는 피하 6cm정도까지 침투하여 직접 그 에너지를 작용시킬 수 있다. 이를 이용하면 다른 방식의 마사지와는 달리 그 작용이 피부의 심부에 직접 작용하여 발열, 진동하므로 단시간에 매우 효율적인 효과를 볼 수 있다.[2]

기존의 초음파 발생용 압전 PZT계 혹은 PT계 세라믹스는 여러 가지 요구를 만족시킬 수 있는 넓은 범위의 조성세라믹을 불순물을 첨가하거나 Pb(Mn, Nb)O<sub>3</sub>, Pb(Ni, Nb)O<sub>3</sub> 등 제 3성분을 추가하여 개발되어 왔다.[3] 본 실험에서는 초음파 진동작용 세라믹으로서 PSN-PMN-PZT를 이용하였고, 구동회로를 자려식과 타려식으로 각각 제작하고 초음파 실험장치에 부착하여 그에 대한 특성평가를 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 초음파 압전진동자

표1과 그림1은 본 실험에 사용된 초음파 압전진동자의 사양과 임피던스 특성 곡선을 나타내고 있다.

표 1. 초음파진동자의 사양.

구분	Sample No	진동자 두께(mm)	Fr(MHz)	Fa(MHz)	Zr[Ω]	입력전력[W]	
조려식	1	A	2	1.137	1.199	5.97	3.624
		B	2	1.139	1.200	5.82	3.539
	2	C	2.5	0.913	0.957	25.97	3.273
		D	2.5	0.922	0.957	11.58	3.117
	3	E	4	0.582	0.597	36.36	2.424
		F	4	0.582	0.596	32.80	1.971
타려식	1	A	2	1.137	1.199	5.97	4.652
		B	2	1.139	1.200	5.82	4.476

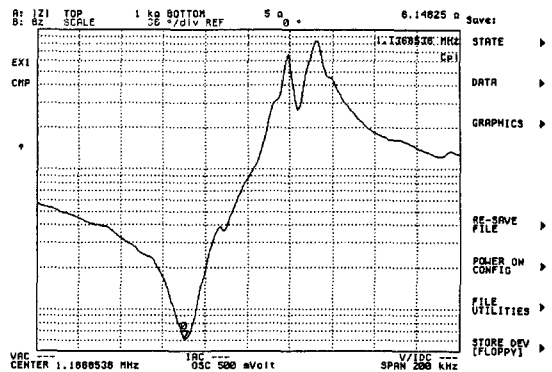


그림 1. 임피던스 특성곡선(Sample 1-A)

그림 2는 제작된 초음파 압전진동자에 알루미늄 프로부의 부착된 모습을 나타낸 것이다.

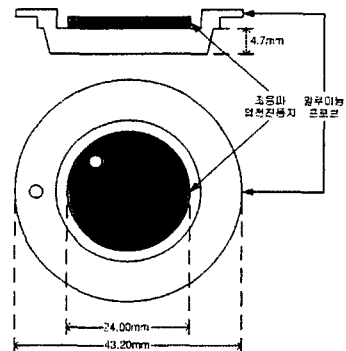


그림 2. 부착된 압전초음파 진동자

### 2.2 구동회로

초음파 진동자의 공진 주파수를 인가하기 위한 방법은 두가지가 있는데 첫째, 자려식 발진 방식은 발진부와 Switching부가 같이 이루어지므로 주파수 변화가 어렵고 일단 정해진 시정수(LC)에 의해서 발진이 이루어지는 반면 타려식 발진은 발진부가 따로 구분되므로 주파수 변화 또는 펄스폭의 변화가 쉽게 이루어지므로 Power Switching시 많은 장점을 갖고 있다. 둘째, 타려식 발진이란 스위칭부와 발진부를 서로 분리시켜 발진부에 발생하는 발진 주파수를 Switching부에서 발진 주파수에 따라 전원 전압을 Switching하는 방식을 말한다. 본 실험에서는 초음파 압전진동자의 구동회로의 주파수 발진 방법을 자려식과 타려식의 두가지 회로를 사

용하여 비교 하였다.

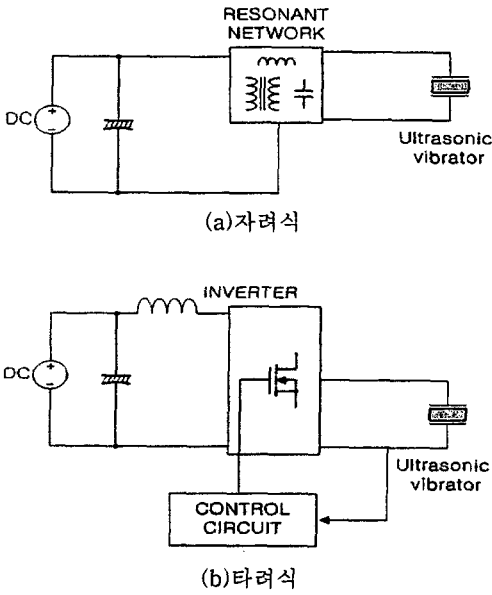


그림 3. 구동회로 블록다이아그램

### 2.3 실험장치

그림 4는 실험에 사용된 Sample용 소형 초음파 발생 실험장치로서 150×150mm의 크기이다.

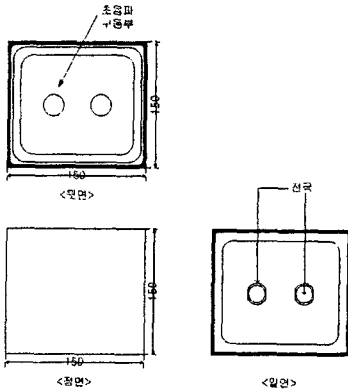
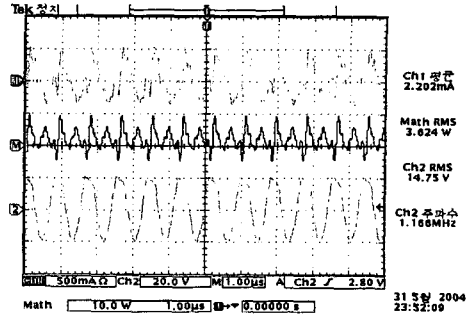


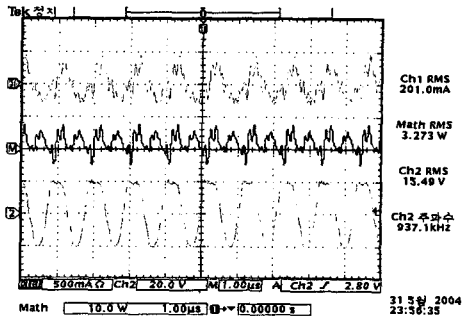
그림 4. 초음파 발생 실험장치

3대의 실험장치에 각각 1.130MHz, 0.912MHz, 0.578MHz공진주파수를 갖는 각각 한쌍의 프로브를 부착한 초음파 진동자를 설치 하였으며, 500ml의 증류수 넣어 360분 동안 구동하면서 그 온도변화를 살펴 보았다.

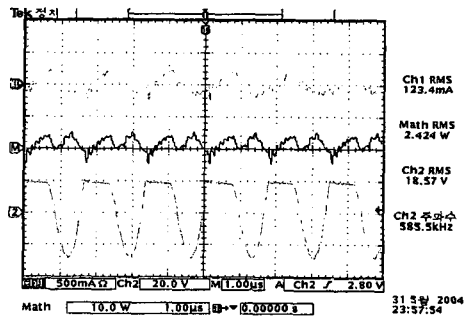
### 3. 결과 및 고찰



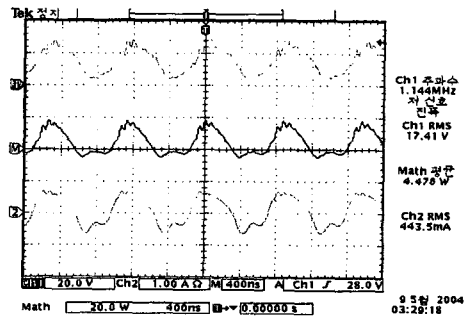
(a) Sample A 자려식



(b) Sample C 자려식



(c) Sample E 자려식



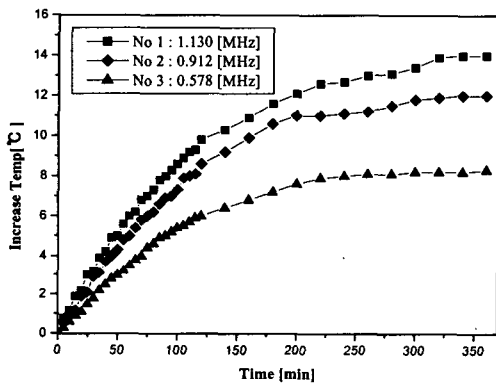
(d) Sample B 타려식

그림 5. 압전세라믹 두께와 발진 방식에 따른 초음파진동자 입력 파형.

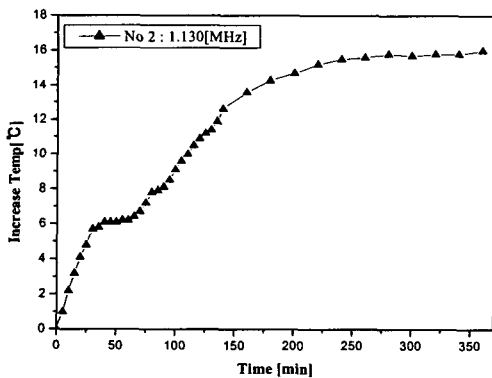
그림 5는 18Vdc를 사용하여 표1의 Sample로 120분 구동한 후 초음파 진동자에 인가되는 파형을 나타낸 것이다. (a)-(c)까지의 파형은 Sample A, C, E를 사용하여 자려식 구동회로로 동작시킨 것이다. 여기서 초음파 진동자의 두께(t)에 따라 인가되는 전계의 세기(E)는

$$E \propto \frac{1}{t} \quad \text{------(1)}$$

식 (1)과 같이 반비례 관계를 나타내며, 이에 따라 초음파진동자에 입력되는 전력도 다르게 나타남을 알 수 있다.



(a) 자려식 발전방식



(b) 타려식 발전방식

그림 6. 구동시간에 따른 증류수의 온도상승특성

그림 6의 (a)는 표1의 실험장치(1, 2, 3) 3대의 초음파 발생장치에 증류수 500ml를 각각 넣어 360분 구동했을때의 온도 상승을 나타낸 그림이다. 대략적으로 200분정도에서 온도상승이 포화되었으며, 인가되는 전압(Vrms)과 관계하여 Sample 1, 2, 3 모두 시간에 따라 증류수의 온도가 상승하였고 Sample 1이 가장 높은 증가를 나타내었다. 또 Sample 1을 사용하여 타려식 구동을 하였을때 온도 상승을 (b)에 나타내었다.

구동후 120분 지났을 때 초음파 진동자 양단에 걸린 전계를 식 (2)을 이용해 표2로 나타낼 수 있었다

$$E = \frac{V_{rms}}{t} \quad \text{------(2)}$$

이상의 결과로 부터, 증류수의 온도상승은 구동 주파수가 높고, 입력된 전력및 진동자에 인가된 전계가 클 수록 온도상승이 크게됨을 알 수 있었다.

표 2. 인가된 전계.

구분	Sample No	진동자 두께[mm]	Vrms	E(V/mm)	
자려식	1	A	2	14.75	7.375
		B	2	14.65	7.325
	2	C	2.5	15.49	6.196
		D	2.5	15.50	6.200
	3	E	4	18.57	4.642
		F	4	18.56	4.640
타려식	1	A	2	17.39	8.695
		B	2	17.41	8.705

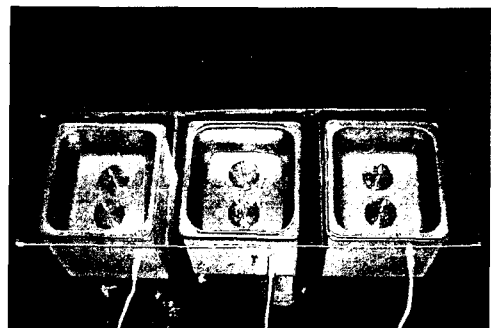


그림 7. 제작된 초음파 촉욕기 실험장치사진

#### 4. 결 론

본 논문에서는 초음파 진동에 의한 인체의 발을 맛사지 하고 발에 있는 경혈을 자극함으로써 전신

의 기혈순환을 촉진하여 스트레스로 인한 각종 증상을 개선하고, 온열 작용을 통한 말초의 혈액순환을 촉진하여 피로 회복, 혈압 조절, 자연 치유력을 증가시킬 수 있는 초음파 족욕기에 응용하고자 구동주파수의 변화에 따라 증류수 500ml를 족욕기 실험장치에 각각 넣어 실험한 결과, 1.130MHz 구동주파수, 초음파 진동자의 두께 2mm에서 360분 구동하였을 때 자려식일때 14℃, 타려식일때 16℃의 가장 큰 온도 상승을 나타내었다. 이상의 결과로 부터, 증류수의 온도상승은 구동 주파수가 높고, 입력된 전력 및 진동자에 인가된 전계가 클수록 온도상승이 크게됨을 알 수 있었다.

### 감사의 글

이 논문은 산업자원부와 한국산업기술재단에서 시행한 지역전략산업 석·박사 연구인력 양성사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1] 박창엽, “압전세라믹스”, 김영사, 1987.
- [2] 최민주, “치료용 초음파 및 초음파 조영제“, 한국소음진동공학회지, 10권. 4호. p 743, 2000
- [3] J. H. Yoo, K. H. Yoon, Y. W. Lee, S. S. Suh, J. S. Kim, C. S. Yoo, Electrical Characteristics of the Contour-Mode Piezoelectric Transformer with Ring/Dot Electrode area ratio, Jpn. J. Appl. Phys., 2000, 39, 2680-2684.