

압전변압기의 압전 및 전기적 특성

김철수, 배숙희, 박정호, 허창희, 이상렬
연세대학교 전기전자 공학과

Electrical and Piezoelectric Characteristics of Piezoelectric transformer

Kim Cheol Su, Bae Suk Hye, Park Jung Ho, Hur Chang Hoi, Lee Sang Yeol.
Electrical and Electronic Engineering of YonSei University.

Abstract - 압전 세라믹은 공정 조건에 따라 압전 및 전기적 특성이 큰 영향을 받는다. 최적의 조건을 갖는 압전변압기를 제조하기 위해서는 이런 공정의 변수들의 변화를 관찰할 필요성이 있다. 본 논문에서는 이런 압전 특성을 관찰하고자, 하소의 온도를 850°C에서 900°C로 까지 시간변화에 따라 phase 변화를 XRD로 관찰하고 burn out의 온도에 따른 기공변화 및 소결의 온도변화에 따른 임피던스 어벌라이저로 주파수 특성을 관찰하였다. 이렇게 조사해본 결과 하소를 900°C에서 3시간 burn out을 500°C에서 2시간, 소결을 1250°C에서 2시간 한 경우가 $Q_m > 1000$, $k_p > 0.40$ 값을 얻을수 있었다.

1. 서 론

정보통신기기의 소형화, 경량화, 박형화가 강력하게 요구되고 있는 상황에서 기존의 전력 공급용 전력 변환 회로인 인덕터, 변압기등이 소형화, 경량화 등에 걸림 돌이 되고 있다. 즉, 현재 전자산업계의 일반적인 발전 추세는 경박단소화이지만 이를 실현하기 가장 곤란한 것이 바로 코일부분으로써, 2개의 마주보는 코일로 구성되는 기존의 권선형 변압기는 소형화할 경우 변환효율이 크게 저하되고 전자 노이즈의 발생으로 주변회로에 오동작을 일으키는 요인으로 작용하며 손실 증가로 고주파화가 곤란한 문제점을 지니고 있다.

이에 대해 최근 크게 주목되고 있는 압전 변압기는 (1-2) 압전 세라믹스의 에너지 변환특성을 이용하는 형식의 변압기로서, 장방형의 시편에 대해 1차측과 2차측의 dimension에 의존하여 승압비가 얻어진다. 특징으로는 소형으로 높은 승압비가 결정되고, 두께 2mm 이하의 박형으로 제작가능하며, 고주파수화가 가능하다. 이러한 장점 때문에 현재 형광등 및 노트북 LCD Backlight 구동의 변압기로 사용되고 있다. (3-5)

본 연구에서는 이러한 압전변압기를 개발하고자 고유의 압전 조성을 가지는 세라믹을 개발하여 압전체의 압전 및 전기적 특성을 관찰하고자 한다.

2. 실험 방법

압전 변압기용 재료로서는 기본적으로 높은 승압비를 발생시키기 위하여 전기 기계결합계수 k_{31} , k_{33} , 및 기계적 품질계수 Q_m 이 크고, 큐리 온도가 높으며 진동에 의해 자체 발열이 적고, 기계적 강도가 높은 조성이 요구된다. 이상의 조건을 만족시키는 압전 세라믹스를 제작하기 위하여 PZT를 기본 조성으로 하여 실험을 행하였다. 이때 조성의 상경계영역(MPB)을 결정하기 위해 mole 및 Furnace의 온도를 50°C씩 변화시켜가며 하소와 소결 실험을 하였다. sample 1개당 100g을 기준으로 mole 비를 맞춰 각각의 중량을 산출하고, 설계한 조성비에 따라 각 원료분말을 balance machine을 이

용하여 $10^{-3}g$ 까지 정확하게 평량하였으며, 중량측정시 오차는 $10^{-3} \sim 10^{-4}g$ 으로 한다. 그리고 각각의 물질을 혼합 조성비에 맞춘 후 분류해 놓는다. 분류한 시료를 mixing bottle에 에탄올, 3φ, 5φ, 15φ ball과 함께 넣은후 24hr동안 ball-mill로 혼합 및 분쇄한다. 혼합, 분쇄된 시료를 110°C oven속에서 24hr 동안 완전히 건조시킨후 sieving 하여 분말을 걸러낸다. 걸러진 시료를 알루미늄 도가니속에 넣고 furnace에서 850°C와 900°C에서 3시간 동안 하소시켰다. 소결시 샘플의 밀도를 높게 하기 위해서는 파우더의 크기가 작은 것이 우수하므로, 하소가 끝난 파우더를 다시 Ball milling을 48 시간동안 하여 입자를 곱게 한다. 이후 바인더를 2wt% 첨가한 수용액에 넣고 파우더와 바인더를 잘 혼합한후 건조시키고, 건조시킨 파우더를 가지고 샘플을 만들기 위해 디스크형태의 몰더속에 파우더를 넣고 2ton/cm²의 압력으로 pressing을 한다. 그리고, 성형된 시료를 furnace에 넣고 소결한다. 이때 온도는 1250°C로 2hr 동안 소결시킨다. 압전 세라믹의 특성을 관찰하고자 디스크 타입의 테스트 샘플을 제작한다. polishing machine을 이용하여 디스크형태의 샘플의 지름과 두께의 비가 15:1이 되도록 연마한다. 형성된 sample을 초음파 세척기를 이용하여 세척을 하고, silk screen을 이용하여 압전체의 양면에 전극 처리하고, sample을 furnace에 넣고 600°C, 30분 동안 소부시킨다. 시편을 분극하기 위해 110°C의 실리콘 오일속에서 3kV/mm의 DC 전계를 30분간 인가하였으며 분극 완료후 24시간 경과된후 압전 및 유전 특성을 측정하였다.

3. 실험 결과

압전체파우더가 압전특성을 갖기 위해서는 조성 상경계영역에 위치했는지를 관찰할 필요성이 있다. 이를 위해 XRD를 사용하여 결정성을 관찰하였다. 그림 3은 P1파우더를 900°C에서 3시간 동안 하소 한 파우더의 XRD다. 순수 PZT의 XRD 그림과(그림 1) 비교시 거의 일치하는 것을 알수 있다.

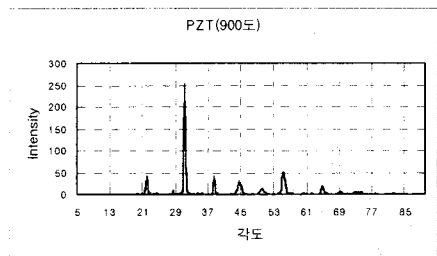


그림 1. PZT를 900°C에서 Cacination한 파우더의 XRD

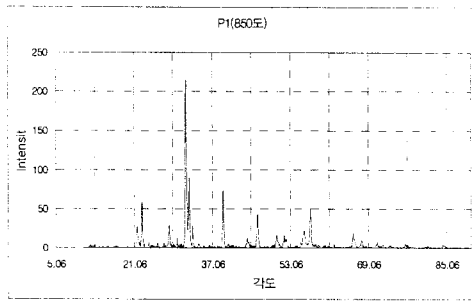


그림 2. P1을 850°C에서 Calcination한 파우더의 XRD

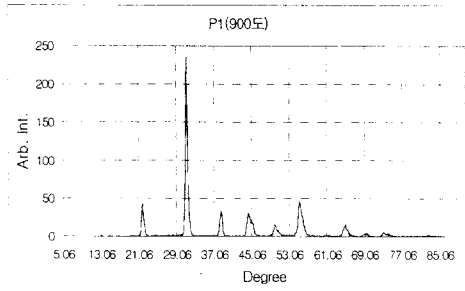


그림 3. P1을 900°C에서 Calcination한 파우더의 XRD

여기서 알수 있듯이 x 선 회절각의 폭이 좁고 미반응 물질에 대한 피크가 관찰되지 않는 것으로 보아 900°C에서 하소한 것이 850°C에서 하소한 것에 비해 완전한 고상반응이 이루어 졌음을 알수 있다.

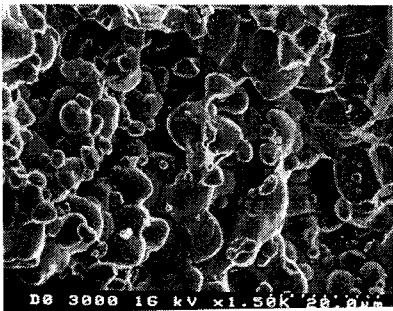


그림 4. Burn Out 온도를 600°C에서 3hr 한경우



그림 5. Burn Out 온도를 600°C에서 2hr 한경우

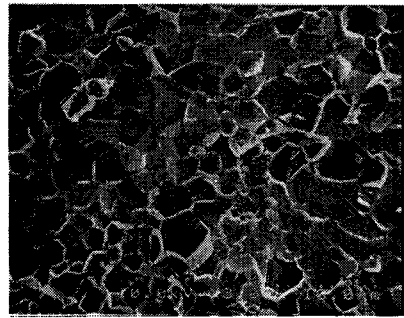


그림 7. Burn Out 온도를 500°C에서 2hr 한경우

그림3은 그림2와 비교시 45도 근처에서 피크가 합쳐진 것으로 보아 정방정계상이 능면체정계상으로 전이하고 있음을 알수 있었다. 하소시의 온도는 850°C보다 900°C가 적절한 것을 관찰할수 있었다

파우더를 소결하기 위해 바인더를 2wt%첨가하고 프레스를 하게 되는데, 이때 첨가한 바인더를 날려버리기 위해 burn out과정을 거치게 된다. burn out 시 온도와 시간은 샘플의 기공 및 그래인 사이즈에 영향을 미치게 된다. 그림 4는 600°C에서 3시간 동안 burn out 한 후 1250°C에서 소결 한것으로 그림 5,6과 비교시 그래인들이 2배정도 크면서 용융상태를 형성하고 내부에 기공들이 많이 분포한 것을 알수 있다. 그림 5와 6은 시간을 2시간으로 고정시키고 온도를 600°C와 500°C로 각각 burn out 한 샘플의 사진이다. 그림 3이 그림2보다 그래인 사이즈가 조밀한 것을 알수 있다. 샘플의 밀도는 압전체의 Q_m값에 영향을 미친다.(6)

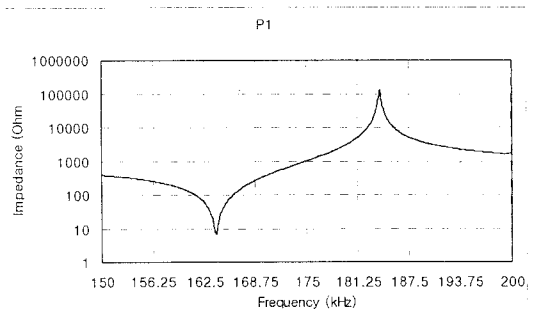


그림 6. 600°C에서 burn out한 샘플의 주파수 측정

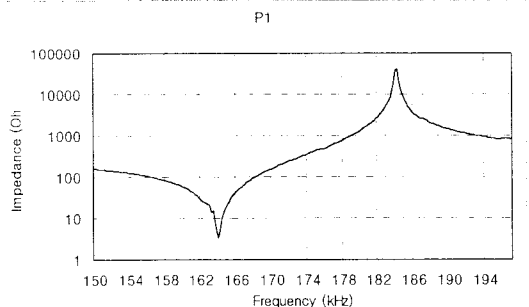


그림 8. 500°C에서 burn out한 샘플의 주파수 측정

표 1. burn out 시간에 따른 압전 특성표

burn out temp	f_a (kHz)	f_r (kHz)	R_0 (Ω)	C (nF)	k_p	Q_m
600°C	184.13	164.13	6.48	1.3	0.512	563
500°C	184.2	164	3.2	1.45	0.514	1009

그림 7, 8은 P1 샘플에 대해서 burn out 시간에 따른 임피던스 어널라이저로 측정된 그림이다. P1을 500°C에서 burn out을 했을 경우가 600°C에서 burn out했을 때가 표1에서 알수있듯이 압전 특성이 우수하게 나타났다. 이는 burn out에 따른 내부의 binder 취발이 가장 적절히 발생했으며 내부 원소의 취발이 억제되었기 때문인 것으로 사료된다. 그리고 그레인들의 조밀성도 Q_m 을 높이는 요인으로 작용한 것으로 사료된다.

3. 결 론

P1의 샘플에 대해 하소와 burn out에 따른 압전특성을 살펴본 결과 하소의 온도를 900°C에서 한경우가 완전한 고상반응을 일으킨 것을 알수 있었다. 또한 burn out에 따른 압전특성을 살펴본 결과 500°C에서 2hr 동안 burn out 한 샘플의 경우가 그레인들이 밀하고, 압전 특성이 $k_p > 0.4$, $Q_m > 1000$ 이상의 특성을 나타냄을 관찰할수 있었다. 앞으로의 실험에서는 더욱 향상된 압전 특성을 가지는 세라믹을 개발하여 변압기를 제작 특성을 분석할 예정이다.

(참 고 문 헌)

- [1] C. A. Rosen, "Ceramic Transformer and Filters", Proc. Electronic Comp. Symp., 205-211, 1956
- [2] A. X. Kuang, L. Y. Chai, G. H. Hu, S. N. Pan and T. S. Zhou, "Piezoelectric Ceramic Transformer High Voltage Power Supply", IEEE, Int. Symp. Appl. Ferroelectric., 6th, 689-692, 1986
- [3] J. H. Kim, D. Y. Han, and M. H. Nam, "Analysis of a Three Layered Piezoelectric Ceramic Transformer Filter", IEEE Trans. Circuit & Systems-1, Vol. 42, No. 6, 307-13, 1995
- [4] S. Hirose and H. Shimizu, "An Advanced Design of Piezoelectric Transformer for High Voltage Source", IEEE Ultrasonic Symposium Proc., Vol. 1, 471-75, 1989.
- [5] W. Wersing, M. Schnoeller, and H. Wahl, "Monolithic Multilayer Piezoelectric Ceramics", Ferroelectrics, Vol. 68, 145-56, 1986.
- [6] C. Galassi, E. Roncari, C. Capiani and F. Craciun "Processign and Characterization of High Q_m Ferroelectric Ceramics", JECS, 1237-1241, 1999.