

다공질 압전세라믹스 PZT의 음향특성

주 용관 · 박 정학 · 최 현일 · 사공 건

동아대학교 전기공학과

Acoustic Properties of Porous PZT Ceramics

Yong-Khoan Joo · Jung-Hak Park · Hun-Il Choi · Geon Sa-Gong

Dept. of Electrical Eng., Dong-A Univ.

Abstract - PZT powders were prepared by the molten salt synthesis method. The porous PZT was prepared from the mixture of PZT and PVA powders by BURPS(BURnout Plastic Sphere) technique. The acoustic properties with various plastic sphere wt.% were studied. The acoustic impedance of porous PZT was smaller than that of single phase PZT ceramics. And the pulse-reponse of porous PZT maded transducer was significantly advanced to that of solid PZT maded transducer.

1. 서론

지금까지 압전세라믹 PZT제는 압전성 및 전기기계 결합특성이 우수하여 트랜스듀서 재료로 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 PZT 단일상은 밀도가 높아 매질이 공기 및 물인 경우에는 음향 임피던스 정합이 어렵고, 감쇠계수가 적어서 좁은 주파수 대역에서 반응할 뿐 아니라 울림(ringing) 시간이 길어서 감도를 가늠하는 성능지표가 낮다. 이러한 PZT 단일상의 단점을 개선하기 위하여 낮은 밀도 및 비유전율을 가진 소재의 개발이 요구되고 있다[1-2].

이들 특성을 개선하기 위해 다공질 세라믹을 제조하는 방법 및 압전특성에 대한 광범위한 연구가 진행되어 오고 있다[3-4]. 다공질 압전세라믹은 큰 압전 전압정수, 낮은 음향 임피던스 및 기계적 품질계수 값을 가지므로 고감도 및 광대역을 필요로 하는 트랜스듀서에 응용이 기대된다[5].

본 연구에서는 비교적 낮은 온도에서 액상을 형성하는 NaCl-KCl 용융염 합성법에 의해 압전 세라믹 PZT를 제조하였으며, 다공질 세라믹 제조시 기공 형성

을 위한 플라스틱 구체로는 PVA를 사용, BURPS법에 의해 다공질 세라믹을 제작하였다. 아울러 그들의 음향특성에 대하여 연구하였다.

II. 실험방법

본 실험에서 다공질 세라믹 제조를 위한 세라믹은 동질이형 상경계 근처의 조성을 가지는  $PbZr_{0.52}Ti_{0.48}O_3$ 를 용융염 합성법으로 제조하였다[6]. 다공질 PZT 제조를 위한 기공 형성을 위해 플라스틱 구체로는 PVA(Polyvinylalcohol)를 사용하였다. 이들을 충분히 혼합한 후 19,500(psi)의 압력으로 직경 15(mm)의 disc 형태로 시편을 제작한 다음 20(°C/HR)의 승온률로 승온하여 450(°C)에서 2시간 동안 플라스틱 구체를 휘발(burn-out)시키고 300(°C/HR)의 비율로 1,150(°C)까지 승온시켜 1시간 동안 공기중에서 소결하여 다공질 시편을 얻었다[7]. 이들 다공질 세라믹의 분극처리 및 특성측정을 위해 양면에 은전극(Du pont #7095)을 도포하였으며, 120(°C)의 실리콘 기름 중에서 30-35(KV/cm)의 전계를 10분동안 인가하여 분극처리하였다.

또한 본 연구에서 제작한 다공질 PZT세라믹스를 진동자로 사용하여 트랜스듀서를 제작하고, Transducer characterization System(Infomatics Inc, Silver Spring, MD)를 사용하여 수중에서의 펄스-에코특성에 대해 연구하였다.

III. 실험결과

그림 1은 PVA 중량비 변화에 따른 종속도를 나타낸 것으로 2,420~2,760(m/s) 정도의 값을 나타내고 있다. 이는 PVA 중량비가 증가함에 따라 강성도 및 밀도가 감소하기 때문이며, 단일상 PZT의 종속도(약

4,600m/s)에 비해 상당히 낮아졌으며, 물의 종속도 (약 1,500m/s)에 더욱 근접되고 있다.

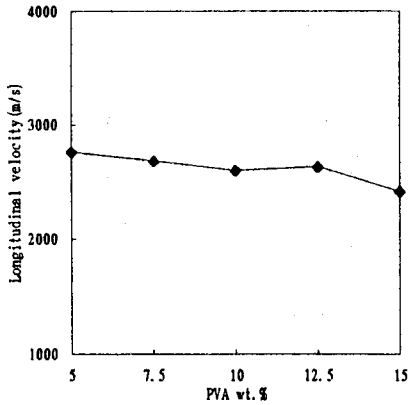


Fig. 1. Longitudinal velocity of porous PZT ceramics as a function of PVA wt. %.

그림 2는 다공질 세라믹에 있어서 PVA 중량비에 따른 다공질 세라믹의 음향임피던스를 나타낸 것으로 그림에서 PVA 중량비가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 음향임피던스가 시편의 밀도  $\rho$ 와 음속  $c$ 에 의해 결정되므로 PVA 중량비가 증가할수록 시편의 밀도가 감소되었기 때문에 음향임피던스는 감소하게 된다. 이 결과로 다공질 PZT 세라믹을 제작하므로서 음향임피던스가 20 (Mrayl) 이하의 값을 얻을 수 있었으며, 이는 PZT 단일상의 값(약 31 Mrayl)에

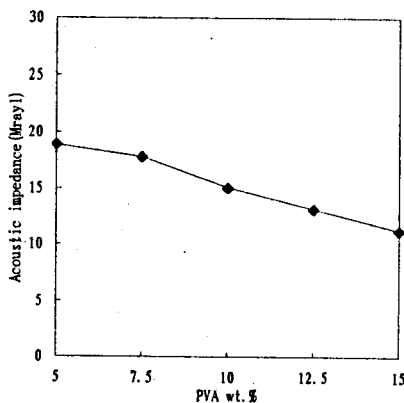
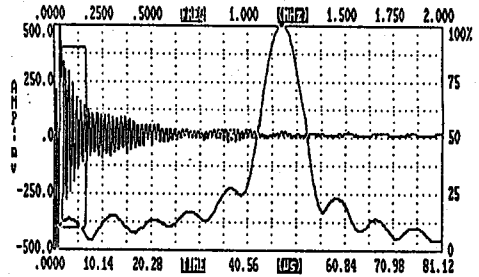


Fig. 2. Acoustic impedance of porous PZT ceramics as a function of PVA wt. %.

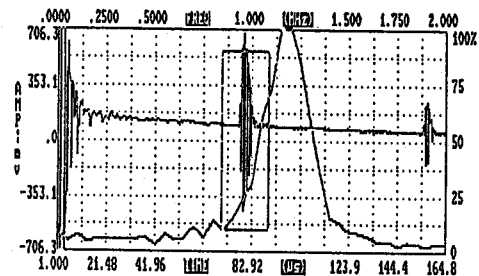
비해 음향임피던스가 상당히 낮아져 물(1.5 Mrayl)을 매질로 할 경우 단일상보다도 음향에너지의 전달이 더욱 잘 이루어지게 됨으로 초음파 트랜스듀서로서의 응용 가능성이 더욱 높아지게 된다.

그림 3의 (a) 및 (b)는 단일상 PZT를 진동자로 사용하여 자체 제작한 초음파 트랜스듀서의 펄스-에코 응답특성을 나타낸 것이다. 그림 3(a)의 파형군(波形群)은 인가된 임펄스에 의해 진동자 자체의 진동에 의하여 나타난 파형이며, 그림 (b)는 수중에서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다. 시편 자체와 펄스-에코응답에서의 파형을 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 했을 경우 공진 주파수가 일치되고 있음을 그림에서 알 수 있다.

그림 (a)에서 출력파형은 진동의 울림(ringing)이 여러 주기동안 계속되어 수신감도가 떨어질 것으로 예측된다. 이는 압전 PZT 세라믹스의 정수압 전압정수  $g_h$  값이 작기 때문이라 생각된다.



(a)



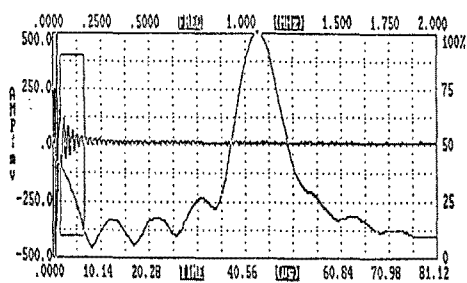
(b)

Fig. 3. Pulse-echo response of solid PZT transducer.

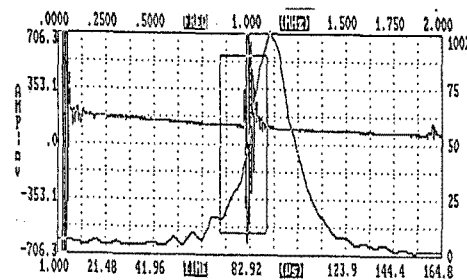
- (a) Vibrating waveform between electrodes.
- (b) Waveform of echo signal.

그림 4는 PVA의 중량비율 10 (wt.%)로 하여 제작한 다공질 PZT 세라믹을 진동자로 사용하여 제작한 초음파 트랜스듀서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다. 그림 (a)의 파형군(波形群)은 인가된 임펄스에 의해 진동자 자체의 진동에 의하여 나타난 파형이며, 그림 (b)는 수중에서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다.

다공질 세라믹은 단일상 PZT세라믹의 응답파형에 비하여 출력파형에서의 지속적인 진동의 울림(ringing)은 나타나지 않고 시간에 따라 급격한 울림감쇠(ringdown) 현상이 일어나 송신 및 수신특성이 단일상 세라믹에 비하여 양호하게 나타났다. 이는 정수압 전하정수  $d_h$ 와 정수압 전압정수  $g_h$  값이 높아져 송신 및 수신특성이 개선된 것으로 생각된다. 또한 단일상 PZT세라믹으로 제조된 탐촉자에서와 같이 트랜스듀서에 수신된 시간과 음속에 의해 구한 거리는 실제 탐촉자와 반사판과의 거리와 잘 일치하였다.



(a)



(b)

Fig. 4. Pulse-echo reponse of porous PZT transducer. (10.0 wt.% of PVA)

- (a) Vibrating waveform between electrodes.  
 (b) Waveform of echo signal.

## V. 결론

용융염합성법에 의해 제조된 압전세라믹 PZT분말을 사용하여 다공질 PZT 세라믹을 제조하였으며 이들의 두께방향으로 전달되는 종파의 전달속도는 2,420~2,760 (m/s)으로 나타나 단일상 PZT의 종속도(약 4,600 m/s)에 비하여 상당히 낮힐 수 있었으며, 물의 종속도(약 1,500 m/s)에 더욱 근접되었다. 음향임피던스는 단일상(31Mrayl)에 비해 20(Mrayl)이하로 초음파 트랜스듀서로서의 응용 가능성이 더욱 높아짐을 알 수 있었다.

다공질 PZT세라믹으로 제작된 초음파변환기의 펄스-에코응답에서는 단일상 PZT에 비해 진동의 지속적인 울림현상은 나타나지 않고 급격한 울림감쇠 현상이 일어나 양호한 송신 및 수신특성을 얻을 수 있었다.

## 참고문헌

1. R.E. Newnham, A. Safari, G. Sa-Gong & I. Giniewicz, "Flexible Composites Piezoelectric Sensors", IEEE Proc., Int'l Ultrason. Sympo., p501, 1984.
2. G. Sa-Gong, A. Safari, S.J. Jang & R.E. Newnham, "Poling Flexible Piezoelectric Composites", Ferroel. Lett., 5(5), p131, 1985.
3. D.P. Skinner, R.E. Newnham & L.E. Cross, "Flexible Composites Transducer", Mat. Res. Bull., 13, p599, 1978.
4. T.R. Shroul, W.A. Schulze & J.V. Biggers, "Simplified Fabrication of PZT/polymer Composites", Mat. Res. Bull., 14, p1553, 1979.
5. K. Mizumura, Y. Kurihara & H. Ohashi, "Porous Piezoelectric Ceramic Transducer", Jpn. J. Appl. Phys., 30(9B), p.2271, 1991.
6. 이 수호, 박 준범, 사공 건, "Flux법에 의해 제조된 압전 세라믹(PZT)의 유전 및 압전특성", 대한전기학회 학술대회는문집, p721, 1992
7. 박 정학, 최 현일, 사공 건, "다공질 PZT 세라믹의 제작 및 전기적 특성", 대한전기학회 학술대회는문집, p1678, 1994.