

PZT Sheet를 이용한 초음파 Transducer Array 제작

홍성재, 조진우, 박준식, 정석원, 박순섭, 신상모
전자부품연구원

Fabrication of Ultrasonic Transducer Array Using PZT Sheet

Sung-Jei Hong, Jin-Woo Cho, Joon-Shik Park, Suk Won Jung, Soon-Sup Park, Sang-Mo Shin
Korea Electronics Technology Institute

Abstract - A new method was developed to fabricate 1-3 piezo composite, a part of ultrasonic transducer. PZT rod arrays were made by pressing PZT green sheet with LIGA mold, and were sintered. Its dielectric constant and electro-mechanical coupling coefficient showed 4000 and 55% at 1kHz, respectively. So, PZT rod arrays made by means of this process can be applied to ultrasonic transducer.

1. 서 론

초음파 영상진단장치는 실시간(real-time) 영상 관찰이 가능하고, 가격이 CT나 MRI에 비해 현저히 낮으며 환자에게 안전하여 영상진단장치로서 널리 사용된다.

초음파 영상진단장치의 기본 원리는 그림 1에 나와 있다¹⁾.

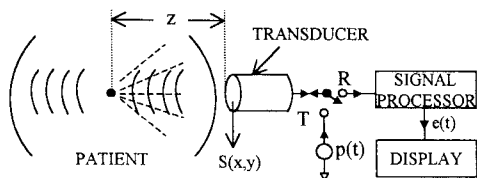


Fig. 1. 초음파 영상진단장치의 block diagram

조를 나타내었다.

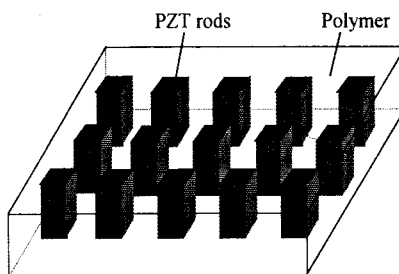


Fig. 2. PZT composite 구조의 개략도

정렬된 PZT rod (or fiber) 사이 사이에 polymer가 채워진 구조로 되어 있는 1-3 piezo-composite는 압전정수 및 결합계수가 커서 전기적-기계적 에너지 전환능력이 우수하다. 또한 acoustic impedance가 낮기 때문에 물이나 인체와의 임피던스 matching이 쉬운 특징을 가지고 있다. 또한 design 측면에서도 해상도를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행중인데, 그 중 한 방법이 고 종횡비를 갖는 미세한 PZT rod를 만드는 것이다. 보고에 의하면²⁾ 압전 세라믹상의 체적분율이 감소할수록, PZT rod가 고 종횡비를 유지할수록 유효 압전정수값은 증가하며 그 결과 해상도가 향상된다고 한다. 이를 위해 다양한 제작 방법이 적용되고 있으나 기존 기술로는 PZT rod를 소형화하는데 한계가 있다.

최근에 LIGA 기술을 이용하여 이러한 한계를 극복하려는 노력이 시도되고 있다²⁾. 이것은 LIGA 공정으로 제작한 PMMA mold에 PZT slurry를 채워 넣고 이것을 건조 및 PMMA mold를 제거 후, PZT를 소결함으로써 기존에 비해 고 종횡비의 PZT rod array 구조물을 제작할 수 있다. 이 공정으로 제작한 구조물은 의료용으로 적합한 특성을 나타내지만 공정상 많은 문제점을 내포하고 있어 상용화가 되지 않고 있다. 우선 slurry를 PMMA mold 안에 넣기 위해 진공 하에서 높은 압력을 인가해야 하는 어려움이 있다. 또한 PMMA 제거에 산소(O₂) 기체를 이용한 반응성 이온 식각법을 사용하는데 제거 시간이 매우 오래 소요되고 제거 조건이 매우 까다롭다. 따라서 생산성이 낮아지고 단가가 높아지므로 상용화에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 위와 같은 공정상의 단점을 극복하고, LIGA 공정으로 제작한 초음파 transducer array를 상용화하기 위한 공정 개선을 연구하였다. 그 일환으로 PZT slurry 대신 PZT green sheet를 LIGA 공정에 의해 제작한 PMMA mold로 press 하여 구조물을 제작하였다. 또한 제작된 PZT 구조물의 형상을 전자현미경으로 관찰하였고, 유전율 및 전기기계결합계수 등을 측정하여 구조물이 적용되는 초음파 transducer array로서의 적합여부를 판단하였다.

Transmit pulser에 의해 firing 된 transducer는 전기적인 신호를 초음파로 변환하여 인체의 내부로 전달하고, 서로 다른 매질의 경계에서 반사되어 되돌아오는 초음파 신호는 transducer에 의해 다시 전기적인 신호로 변환된다. 수신된 신호는 signal processor에서 여러 가지의 신호처리를 한 후, 모니터에서 영상으로 표시한다. 이와 같이 초음파 transducer는 신호 변환의 역할을 한다. 즉, 전기 에너지를 음향 에너지로 변환시키며 또, 역으로 음향 에너지를 전기 에너지로 변환시킨다. 이러한 기능들은 초음파 transducer를 구성하는 압전재료의 electric impedance, 전기기계결합계수, acoustic impedance 등의 조합에 의해 결정된다.

최근에는 재료 및 design 개발을 통하여 특성을 향상시키기 위해 PZT 단상이 아닌 고분자 압전재료(PVDF) 및 PZT/고분자 복합재료에 대한 연구가 활발하다. 이 복합재료는 외부충격에 강하며 acoustic impedance가 물 또는 인체와 유사한 특징이 있다. 그러나 고분자 압전재료(PVDF)의 경우 송신감도가 좋지 않아 pulse-echo용으로는 그다지 우수한 특성을 얻지 못하고 있으며 주로 수신용으로 사용되고 있다. 따라서 고분자 압전재료의 이러한 단점이 보완된 새로운 압전재료에 관한 연구가 진행되었으며 그 결과 PZT-고분자 복합재료가 개발되었다. 그림 2에 PZT composite 구

2. 본 론

2.1 PMMA mold 제작

초음파 transducer array의 제작 공정은 그림 3과 같이 진행하였다.

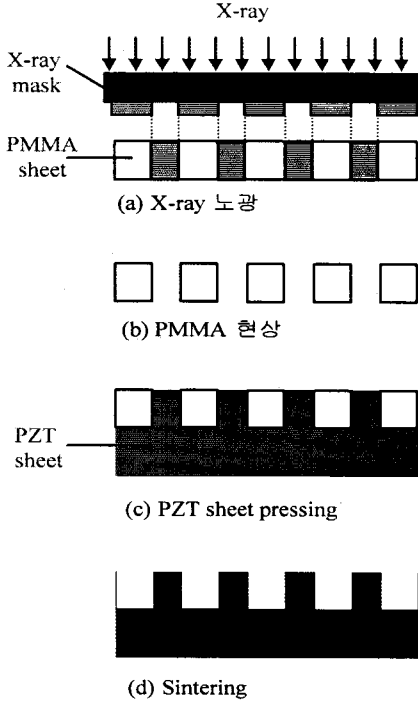


Fig. 3. PZT 초음파 transducer array 제작 공정도

먼저 LIGA 공정으로 PZT array 제작용 PMMA mold를 제작하기 위해 graphite sheet를 이용하여 X-ray mask를 제작하였다. X-ray mask는 세라믹의 수축률을 감안하였다. 제작된 X-ray mask를 그림 4에 나타내었다. 제작된 mask의 치수측정 결과 치수정밀도는 $1\mu\text{m}$ 미만이었다. 그 후 X-ray lithography 공정을 이용하여 PMMA mold를 제작하였다. 제작된 PMMA mold 형상을 그림 5에 나타내었다. 제작 후 치수 측정 결과 PMMA mold의 치수정밀도 역시 $1\mu\text{m}$ 미만이었다.

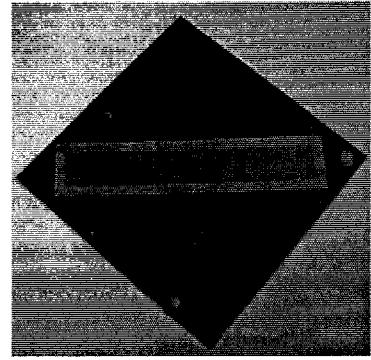
2.2 PZT Array 제작 및 특성 평가

2.2.1 PZT Array 제작

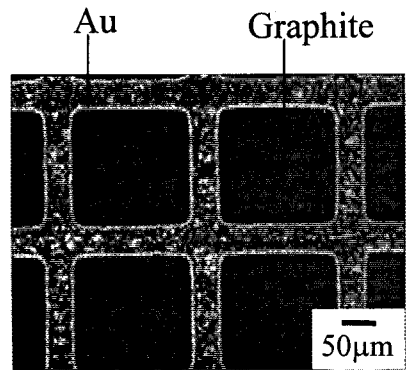
제작된 PMMA mold를 이용하여 PZT array 형상을 제작하였다. PZT 상 형성은 일반적인 세라믹 소성 공정에 의해 이루어졌다. 제작된 PZT array 형상을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 균일한 모양의 PZT rod array가 제작되었다.

2.2.2 PZT Array 특성 평가

LIGA 공정으로 제작한 PMMA mold를 이용하여 PZT green sheet를 press하고 이것을 소결하여 제작된 초음파 transducer array가 초음파 영상진단장치에 적합한지를 알아보았다.



(a) X-ray mask 전체도



(b) Pattern 확대도

Fig. 4. Graphite X-ray mask

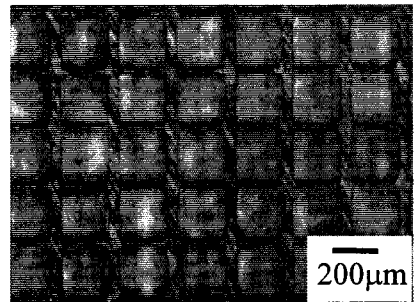


Fig. 5. LIGA 공정으로 제작된 PMMA mold

이를 위해 초음파 transducer array의 중요한 특성인 유전율과 전기기계결합계수 (K_p) 값을 측정하였다. 측정은 Hewlett Packard사에서 제작한 임피던스 분석기 HP 4194A를 사용하였고, 측정시 주파수는 1 MHz를 인가하였다.

측정 결과 유전율과 전기기계결합계수는 각각 4000과 55%를 나타내었다, 이는 앞서 LIGA 공정을 이용하여 제작한 PZT 초음파 transducer array의 연구 결과²⁾와 비교해 볼 때 전혀 손색이 없다. 따라서 본 공정으로 제작한 PZT transducer array는 초음파 영상진단

장치에 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

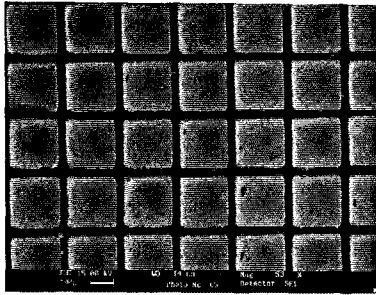
3. 결 론

본 연구에서는 초음파 transducer array를 제작하는 기존의 공정을 개선하고 상용화에 접근하기 위한 일환으로, PZT green sheet를 이용하여 구조물을 제작하고 형상 및 특성을 관찰하였다. 그 결과 정밀한 PZT 초음파 transducer array를 제작할 수 있었다. 그리고 특성 측정 결과도 유전율과 전기기계결합계수가 각각 4000과 55%를 나타내었다. 따라서 LIGA 공정으로 제작한 PMMA mold를 이용하여 PZT sheet를 press하고, 이를 소결하는 공정으로 제작한 PZT transducer array는 초음파 영상진단장치에 사용 가능함을 확인할 수 있었다.

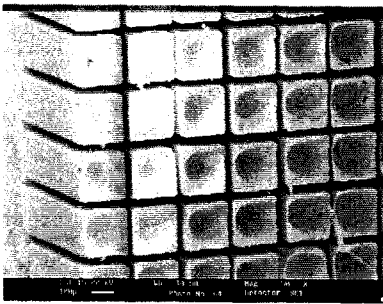
(참 고 문 헌)

- (1) 장성호, "초음파 영상진단장치", 전기학회지, Vol. 48, No. 8, pp 11, 1999
- (2) Y. Hirata et al, "Effects of Aspect ratio of Lead Zirconate Titanate on 1-3 Piezoelectric Composite Properties", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, Pt.1, No. 9B, pp 6062, 1997

감사의 글
본 논문은 산업자원부와 과학기술부가 주관하는 초소형 정밀기계 선도기술개발사업의 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사드리며 실험에 많은 도움을 주신 포항공과기연구소에도 감사드립니다.



(a) 위에서 본 모양



(b) 기울여서 본 모양

Fig. 6. PZT transducer array 형상

향후에는 LIGA 공정을 이용하여 PZT 초음파 transducer array 용 Ni 금형을 제작하고 이것을 이용한 사출 공정을 확립 및 후 공정을 거쳐 PZT 초음파 transducer array를 제작 및 특성을 평가할 예정이다.