

## 2-2 Composite 송신/P(VDF-TrFE) 수신 광대역 집속 초음파 트랜스듀서의 특성

하강렬\* 김동현\*\* 김우준\* 김정호\*\*\*

\*부경대학교 물리학과, \*\*프로소닉(주), \*\*\*동서대학교 정보시스템공학부

## Characteristics of a 2-2 Composite Transmitting/ P(VDF-TrFE) Receiving Wideband Focusing Ultrasonic Transducer

Kang-Lyeol Ha\*, Dong-Hyun Kim\*\*, Moo-Joon Kim\*, Jung-Ho Kim\*\*\*

\* Dept. of Physics, Pukyong Nat'l Univ., \*\* PROSONIC(Ltd.), \*\*\*Div. of Info. Sys. Eng., Dongseo Univ.

E-mail: {haki, kimm}@pknu.ac.kr

### 요약

생체 피부하 약 5mm 이내 영역에 대한 고분해능의 B-모드 영상을 얻는 데 사용할 수 있는 축 방향 분해능 30 $\mu$ m 이하인 VHF 대역 초음파 트랜스듀서로서 용융석영을 음향버퍼로 하여 그 양단에 송신용 2-2 composite와 수신용 P(VDF-TrFE)를 설치한 송수신 분리형의 집속 트랜스듀서의 구조를 새로이 제안하고, 그 전기적 음향적 특성을 시뮬레이션 하였다. 그 결과, 2-2 composite 두께 18 $\mu$ m와 P(VDF-TrFE) 두께 12 $\mu$ m의 트랜스듀서는 중심주파수 43.0MHz, 비대역 74%이며, 삽입손실이 25dB인 비교적 우수한 트랜스듀서가 될 수 있음을 알았다.

송수신 분리형의 새로운 형태의 초음파 트랜스듀서 구조를 제안하고, 그 전기적 음향적 특성을 시뮬레이션 하였는바, 그 결과를 보고한다.

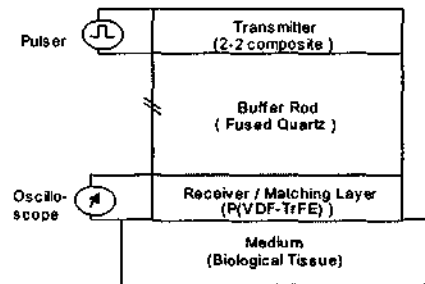


그림 1. 제안한 트랜스듀서의 구조

### 1. 서론

초음파진단장치에 있어서는 영상의 질은 그 트랜스듀서가 갖는 공간분해능에 의해 좌우된다. 공간분해능은 축방향 분해능과 측방향 분해능으로 나뉘는데, B-모드 단층상에 있어서 특히 중요한 축방향 분해능은 사용하는 트랜스듀서의 주파수대역폭과 매질의 음속에 의해 결정된다. 또한, 초음파 트랜스듀서의 주파수대역폭은 압전체 및 그 압전체에 부가된 음향정합층이나 배면층의 재질과 구조에 의해 정해지는데, 같은 재질에 대하여는 비대역(% bandwidth)이 거의 같아지므로, 넓은 대역폭을 갖기 위해서는 중심주파수를 높게 할 필요가 있다. 일반적으로, 안구나 피부진단에 사용 가능한 수십  $\mu$ m의 축방향 분해능을 갖기 위해서는 30MHz 이상인 VHF 대역의 초음파의 사용이 요구된다.[1, 2]

본 연구에서는 VHF 대역에서 광대역 특성을 가지며, 두께 약 5mm 정도의 생체에서 축방향분해능이 20 $\mu$ m 이하인 2-2 composite 송신, P(VDF-TrFE) 수신인 그림 1과 같은

### 2. 재료물성 및 구조설계

그림 1의 구조에 나타나 있는 각 물질의 음향적 특성은 표 1에 나타난 바와 같다. 이 물질들의 선택에 있어서는 다음의 사항들이 고려되었다. 즉, 먼저 수신용 트랜스듀서의 재료로서 P(VDF-TrFE)를 선택하고, 다음으로 음향 버퍼로서 용융석영을 선택하였는데, 이것은 P(VDF-TrFE)의 음향임피던스 4.5Mrayl이 용융석영과 생체조직의 기하평균에 가까워, P(VDF-TrFE)를  $\lambda/4$  두께로 하면, 송신 시에는 공진주파수에 대한 음향정합층의 역할을 하며, 수신 시 감도를 극대화할 수 있을 뿐 만 아니라, 감쇄가 매우 작은 안정적인 재료이기 때문이다. 또한, 송신용 트랜스듀서로서 2-2 composite을 선택한 이유는 전기기계결합계수  $K_2$ 가 클 뿐만 아니라, 세라믹 압전체와 복합물질인 폴리머의 비율을 적절히 조절함으로써 용융석영과 동일한 음향임피던스를 갖도록 할 수 있기 때문인데, 그림 2는

표 1. 사용한 재료의 물결상수

	2-2 Composite	Fused Quartz	Co-polymer	Biological tissue
$v$ [m/s]	3840	5970	2400	1540
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	3430	2200	1880	1000
$Z_p$ [Mray l]	13.2	13.1	4.5	1.54
$k_t$	0.6	-	0.3	-
$\epsilon/\epsilon_0$	475	-	6.0	-

PVDF에 PZT 세라믹 필러(filler)가 들어 있는 2-2 composite에 있어서 체적비에 따른 음향임피던스와 전기기계 결합계수의 변화를 나타낸다[3]. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 체적비 35%의 경우, 그 음향임피던스는 용융석영과 거의 유사하고,  $K_t=0.67$ 로서 매우 높은 값을 나타냄을 알 수 있다.

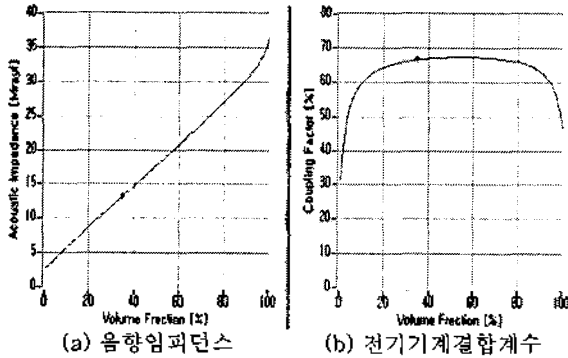


그림 2. 2-2 composite에 있어서 PZT 세라믹의 체적비에 따른 특성 변화

생체에서의 음속은 일반적으로 1540m/s이므로, 5mm의 두께를 왕복하는 데에는 약 6.5 $\mu$ s 시간이 소요된다. 따라서 용융석영의 길이를 20mm로 하였는데, 이에 따른 전파시간은 약 6.7 $\mu$ s이다. 여기서, 트랜스듀서의 직경은 3mm로 하고, 송신 트랜스듀서의 두께는 50MHz에 대한  $\lambda/2$  모드 공진인 것으로 가정하여 정하였는바 18 $\mu$ m로 하였고, P(VDF-TrFE)는  $\lambda/4$ 에 해당하는 12 $\mu$ m의 두께를 가지는 것으로 하였다. 또한, 축방향 분해능을 향상시키기 위하여 곡률반경이 5mm인 음향렌즈를 만들고, P(VDF-TrFE)를 그 곡면 상에 코팅하는 것으로 하였다.

### 3. 시뮬레이션 및 결과

그림 3은 본 시뮬레이션에 사용한 PSpice 모델을 나타낸다. 여기서는 두께 3mm의 생체조직이 동판 위에 놓여 있는 것으로 가정하였다. 그림 4는 P(VDF-TrFE)의 수신파형을 나타낸다. 그림 4(a)에서 두 번째 신호가 표적

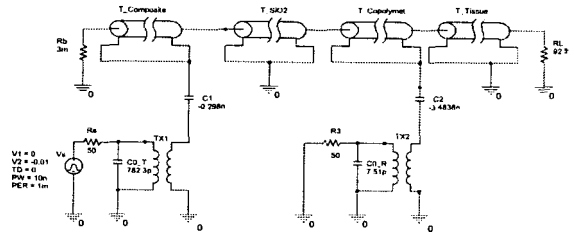


그림 3. 특성해석을 위한 PSpice 모델

으로부터의 반사파에 해당하며, (b) 및 (c)는 그에 대한 확대도 및 삽입손실을 각각 나타낸다. 이 해석 결과에서 얻어지는 중심주파수는 43.0MHz이며, 대역폭은 31.8MHz (비대역 74.0%)로써, 이론적인 축방향 분해능은 약 21.3 $\mu$ m이다. 한편, 삽입손실은 중심주파수에서 약 25.2dB이다.

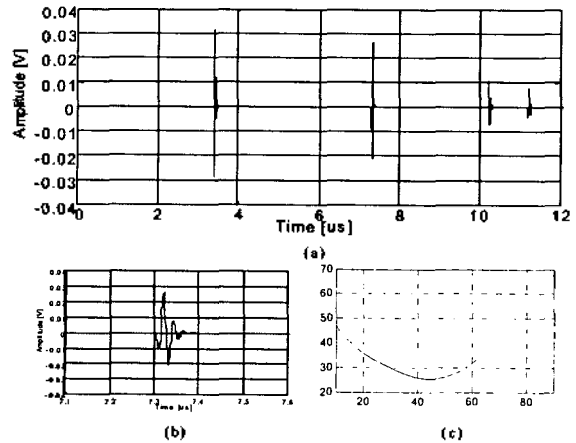


그림 4. 임펄스 응답특성  
(a) 펄스열, (b) 표적신호, (c) 삽입손실

### 4. 결론

제안한 2-2 composite 송신, P(VDF-TrFE) 수신 초음파 트랜스듀서는 중심주파수 43.0MHz, 비대역 74%로서, 분해능이 약 21.3 $\mu$ m인 우수한 트랜스듀서가 될 수 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. F. S. Foster, C. J. Pavlin, G. R. Lockwood, L. K. Ryan, K. A. Harasiewicz, L. R. Berube and A. M. Rauth: IEEE UFFC. 40(1993), 608.
2. C. Passmann and H. Ermert: IEEE UFFC. 43(1996) 545.
3. W. Qi and W. Cao: Ultrasonic Imaging. 18(1996), 1.