

PZT와 LiNbO<sub>3</sub>기판에서의 SAW필터의 제작  
Fabrication of SAW filter on PZT and LiNbO<sub>3</sub> substrates

정 연호\*  
여 동훈  
송 준태

성균관대학교 전기공학과  
성균관대학교 전기공학과  
성균관대학교 전기공학과

Yeun-Ho Jeong  
Dong-Hun Yeo  
Joon-Tae Song

Dept. of Elec. Eng., Sung Kyun Kwan Univ.  
Dept. of Elec. Eng., Sung Kyun Kwan Univ.  
Dept. of Elec. Eng., Sung Kyun Kwan Univ.

Abstract

Substrates of SAW filter are mainly single crystal such as LiNbO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>. However, fabrication of crystal is difficult and cost is very high.

In this study, crystal was substituted for piezoelectric ceramics which has simple fabrication process.

The same SAW filter mask was photolithographed on crystal(LiNbO<sub>3</sub>) substrate and ceramic(PZT4, PZT5A and PZT8) substrate in order to compare experimental value with theoretical value. The difference of center frequency was only 3.7%. PZT8 showed good bandwidth properties. It is considered that PZT8 has higher mechanical quality factor and propagation velocity than PZT4, PZT5A.

1.서론

1885년 Rayleigh에 의해 탄성표면파(SAW)가 처음으로 제시된 후에 1965년에 White와

Voltmer에 의해서 대역 필터에 사용하게 되었다. 그 후로 전자 산업의 발전에 의하여 대역 필터가 많이 요구됨에 따라 SAW를 이용한 필터는 더욱 발전하고 소형화되었다.

SAW 필터는 소형화, 무조정, 고신뢰성의 장점이 있으므로 이동통신등 많은 분야에서 사용되고 있다. 기판에 사용되는 재료는 LiNbO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, ZnO등 단결정을 주로 사용하고 있다. 결정이 사용되고 있는 이유는 표면 속도가 높아서 설계가 쉽고, 제정수들의 온도 변화가 적기 때문에 주파수의 안정도가 좋다는 것이다. 그러나 단결정은 제조과정이 어려워서 값이 비싸다. 더구나 국내에서는 거의 생산되지 않고 있다.

본 연구에서는 기판 재료로써 제조가 용이한 압전세라믹으로 대체할 수 있는지의 가능성을 타진하였다. PZT는 세라믹이므로 제조과정이 비교적 용이하여서 필터제조의 단가를 낮출 수 있다. 기판으로 결정(LiNbO<sub>3</sub>)과 세라믹(PZT4, PZT5A, PZT8)을 이용하여 각각 똑같은 6종류의 마스크를 사용하여 대역필터를 제작하였다. 제작된 필터의 특성을 측정하여 그 결과를 비교 고찰하였다.

## 2. SAW 필터의 설계

본 연구에서는 빌딩 블록 방식에 의한 필터를 제작하였다. 빌딩 블록 방법이란 여러 개의 함수를 합성하여 원하는 주파수 응답을 얻는 방법이다.

설계한 대역 필터의 전극 폭은 중심주파수와 탄성표면파의 속도와 관계가 있다. 본 연구에서는 Y-cut, Z-propagation LiNbO<sub>3</sub>의 탄성표면파 속도를 이용하였다.

LiNbO<sub>3</sub>와 PZT 기판을 이용한 SAW 필터의 중심주파수와 대역폭의 특성을 비교하기 위하여 6가지 형태의 패턴을 설계하였다.

LiNbO<sub>3</sub>기판의 제정수들을 가지고 중심주파수가 4.5MHz이고 대역폭이 0.1MHz인 대역필터의 패턴을 설계하여 PZT기판에 LiNbO<sub>3</sub>와 똑같은 패턴을 형성하였다. 입력 전극 패턴의 형태는 DFT에 의한 임펄스 응답의 웨이팅 값과 전극의 간격을 사용하여 설계하였다. 입력측의 설계시 전극을 이중 전극으로 설계하여 전극에서의 전파 반사를 줄이고자 하였다. 또한 입력 전극에 dummy전극을 아래 전극과 위 전극의 간격을 균일하게 하여 전파의 회절에 의한 전파손실을 줄였다. 출력전극은 전극폭의 비를 3:1인 291 $\mu$ m로 하여 전파의 반사에 의한 손실을 줄이고자 하였다. 입력 전극과 출력 전극이 간격은 970 $\mu$ m로 설계하였다. 이렇게 하여 제작한 각 패턴의 사양을 표 1에 정리하였다.

표 1. 각 패턴에 대한 탄성표면파 필터의 제원

	패턴1	패턴2	패턴3	패턴4	패턴5	패턴6
입력전극의 수	102	50	26	102	50	26
출력전극의 수	10	10	10	20	20	20
입력전극의 폭( $\mu$ m)	97	194	194	97	194	194
출력전극의 폭( $\mu$ m)	291	291	291	97	97	97

## 3. 실험 및 측정

본 연구에서는 LiNbO<sub>3</sub>는 Crystal Technology사에서 Y-cut, Z-propagation의 것을 사용하였으며, PZT는 VALPEY FISHER제품인

PZT4, PZT5A, PZT8을 사용하였다. LiNbO<sub>3</sub>와 PZT의 크기는 LiNbO<sub>3</sub>의 경우에는 3인치, 0.5 $\pm$ 0.05mm인 웨이퍼를 사용하였고 PZT 기판은 17.8 $\times$ 12.0 $\times$ 1.0mm를 사용하였다. PZT의 분극 방향은 파의 진행 방향과 같은 Z방향을 택하였다.

그림1은 filter의 제작순서를 나타내고 있다.

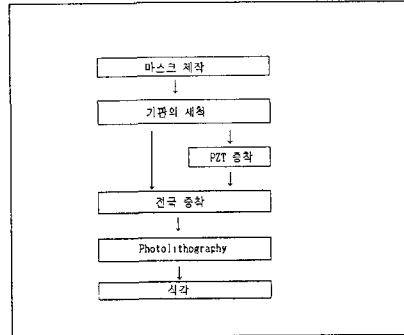


그림 1. 제작 과정의 흐름도

이러한 방법에 의해 LiNbO<sub>3</sub>, PZT4, PZT5A, PZT8의 기판에 각각 6가지 패턴을 제작하였다.

측정을 위하여 Tracking generator(AC-8292)와 Spectrum analyzer(AC-8212)로 측정 회로를 구성하여 중심 주파수와 대역폭을 측정하였다.

## 4. 결과 및 고찰

그림 2는 중심 주파수의 이론에 의하여 산출한 값과 실험결과의 값을 비교한 그래프이다. 표면속도의 이론값은 다음의 수식에 의하여 산출하였다.

$$\left(\frac{V_s}{V_l}\right)^6 - 8\left(\frac{V_s}{V_l}\right)^4 + 8\left[3 - 2\left(\frac{V_s}{V_l}\right)^2\right]\left(\frac{V_s}{V_l}\right)^2 - 16\left(1 - \left(\frac{V_s}{V_l}\right)^2\right) = 0$$

여기서  $V_s$ 는 벌크파의 횡파속도,  $V_l$ 은 종파속도 그리고  $V_R$ 은 표면파 속도를 나타낸다. PZT의 분극방향과 전파방향을 고려하여 횡파와 종파 속도를 다음과 같이 산출하였다.

$$V_l = \sqrt{\frac{c_{33}^D}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{c_{44}^E}{\rho}}$$

여기서  $c$ 는 탄성정수이며  $\rho$ 는 밀도를 의미한

다.

산출한 값은  $\text{LiNbO}_3$ 의 경우는 3,488m/s, PZT4는 1,742m/s, PZT5A는 1,554m/s, PZT8은 1,905m/s이었다.

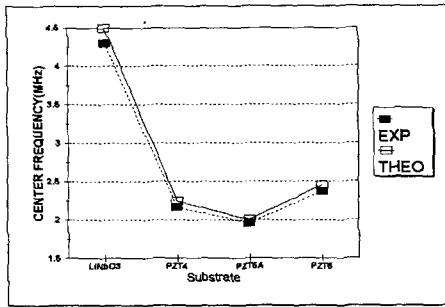
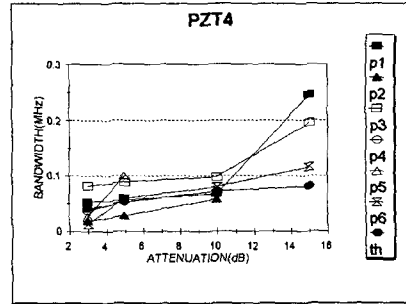


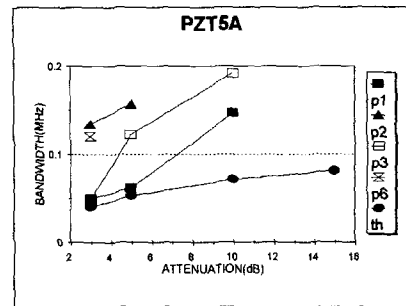
그림 2. 주파수의 이론값과 실험값

그래프에서 볼 수 있듯이  $\text{LiNbO}_3$ , PZT4, PZT5A, PZT8의 각 기판에서 중심주파수의 이론값과의 오차는 각각 4.4%, 3.6%, 2.5%, 3.4%이었다. 비교적 이론값과 잘 일치하였다. 오차가 있는 것은 포토라소그라피 과정에서 전극이 설계와 다르게 전극이 형성된 것이 그 원인이라고 사료된다.

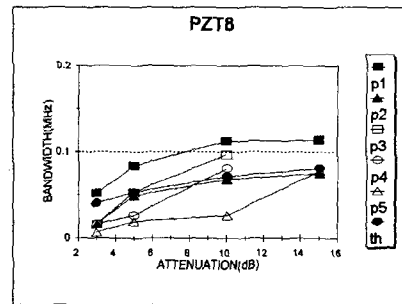
그림 3은 기판과 대역폭 특성을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 PZT8이 비교적 좋은 특성을 보였다. 이러한 이유는 탄성표면파의 전파에 중요한 인자인 전파손실이 기계적품질계수와 상관관계가 큰 것에 기인한 것으로 생각된다. PZT8은 PZT4나 PZT5A에 비해 품질계수가 거의 두배에 이를 정도로 크고, PZT8이 가장 우수한 대역폭 특성을 보이는 것으로 사료된다.



(b) PZT4



(c) PZT5A



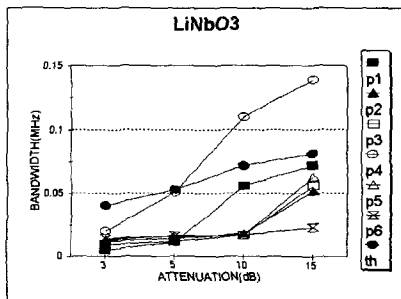
(d) PZT8

그림 3. 기판에 따른 대역폭의 비교

### 5. 결론

PZT와  $\text{LiNbO}_3$ 기판을 이용하여 SAW 필터를 제작하면서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 대역필터의 중심주파수는 이론값과 실험값의 오차가 3.7%로 비교적 잘 일치하였다.
2. 각 기판의 패턴 중에서 패턴I을이용한 SAW필터의 설계에 가장 적합함을 보였다.
3. PZT기판중 PZT8의 패턴이 양호한 좋은 대역폭 특성을 보였다. 이는 기계적 품질계수, 표면속도가 크기 때문인 것으로 사료된다.



(a)  $\text{LiNbO}_3$

PZT8은 대역폭 특성이 우수하여 5MHz에서 제품으로의 개발이 가능하다고 사료된다.

#### 참고 문헌

1. Gordon s. Kino, P109-114, PRENTICE HALL, 1987
2. John G. Gualtieri, John A. Kosinski, and Arthur Ballato, IEEE Trans, Ultrason, Ferroelec, Freq, cont, VOL. 41. NO 1. 1994, pp 53-59
3. Evgeniy V. Bausk, and Igor B. Yakovkin, IEEE Trans, Ultrason, Ferroelec, Freq, cont,
4. Colin Campbell, ACADEMIC PRESS, 1989
5. CURT FLORY and MICHAEL TAN, IEEE Trans, Ultrason, Ferroelec, Freq, Cont.,vol. 35, NO. 4, pp 498-502, 1988
6. F. Stuart Foster, Linda K. Ryan and Daniel H. Turnbull, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Cont., vol. 38, pp. 446-453, 1991
7. 日刊工業新聞社, “表面波 デバイスとその応用”, 電子材料工業會 編 , p121