

## ELO 기술을 이용한 표면 탄성파 바이오 센서의 개발

김기범\*(전북대학교 생체정보공학부), 정우석(전북대학교 대학원 의용생체공학과), 권대규(전북대학교 생체정보공학부), 김남균(전북대학교 생체정보공학부), 홍철운(전북대학교 생체정보공학부)

### Development of Surface Acoustic Wave Biosensor Using Epitaxial Lift-Off(ELO) Technology

G. B. Kim(Bionics & Bioinformatics Eng. CBNU), W. S. Chong(Biomedical Eng. Graduate School. CBNU),  
T. K. Kwon(Bionics & Bioinformatics Eng. CBNU), N. G. Kim(Bionics & Bioinformatics Eng. CBNU ),  
C. U. Hong(Bionics & Bioinformatics Eng. CBNU )

#### ABSTRACT

The purpose of this study is measured surface acoustic wave(SAW) characteristics to confirm utilization possibility as SAW sensor using new  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbTiO_3$  (PMN-PT) piezoelectric substrate. We have tried to see if the material can be practically available as a new surface acoustic wave (SAW) biosensor to detect protein. The experimental results clarified that the frequency filtering of the central frequency of the PMN-PT substrate is a superior result to that of the  $LiTaO_3$  (LT) substrate, but the result was not completely satisfactory. We know there is a problem in the design of inter-digital transducer (IDT) pattern. The waves transferred through the input terminal forms SAW which is sure to be transferred to the direction of the output terminal and the backward direction of the input terminal. This reflected wave is reiterated with SAW, which is transferred to the output direction, and so the frequency filtering gives a not good result. The electromechanical coupling coefficient of the PMN-PT substrate is excellent, and we can use it as a SAW sensor, in the near future, provided that there will be a new IDT design to increase the frequency filtering.

Key Words : Surface acoustic wave biosensor, Piezoelectric material, PMN-PT, electromechanical coupling coefficient, Epitaxial Lift-Off (ELO) Technology

#### 1. 서론

바이오 센서는 효소, 균, 및 생물조직 등을 이용한 계측센서, 생체계의 메커니즘을 모방한 계측시스템 센서, 생체계를 대상으로 하여 계측하는 센서 등을 일컫는 말이다[1,2]. 이와 같은 바이오 센서의 특징으로 센서의 일정한 물질에만 작용하는 반응 특이성, 간편성, 미량성 그리고 측정물질을 분리하지 않고 직접 측정할 수 있는 장점 때문에 의료, 식품, 및 환경 등의 다양한 분야에 응용되고 있다. [1,3-5]. 최근 들어 바이오 센서를 이용하여 생체 내에 극 미량 물질의 존재를 찾아내어 그 물질에 대한 정보를 인지하기 위한 연구가 진행중이다. 그러나 지금까지 개발된 바이오 센서들은 단 한가지의 기능만을 가지고 있기 때문에 복잡한 생체물질 정

보를 인식하는 것이 곤란하다. 그러므로 생체 물질을 분자수준으로 인식하는 것과 종합적인 생체 물질 정보로부터 정확한 판단과 미래의 예측까지 가능한 지능화 바이오 센서의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 표면탄성파(SAW)를 이용한 바이오 센서의 개발을 위하여 기존에 사용되고 있는  $LiTaO_3$  (LT) 압전 기판과  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ - $PbTiO_3$  (PMN-PT) 압전 기판의 주파수 특성을 비교 분석하였다.

#### 2. 실험방법

SAW 필터의 기본구조는 Fig. 1 과 같이 압전 기판 상에 얇은 금속전극으로 형성된 2 개의 IDT 구성 되어진다. 이중 한 개의 IDT에서 인가된 전압에 의

해 표면 탄성파를 발생시키는데 흔히 이것을 Input IDT 또는 Transmitter 라고 한다. 이때 발생된 표면 탄성파는 기판 표면의 Free Surface를 따라 적절한 주파수로 팽창과 압축으로 두 번째 IDT에 전달되어 역 압전 효과에 의해 전기적 신호로 변환된다. 이 두 번째 IDT를 Output IDT 또는 Receiver 라고 한다. 주파수는 IDT의 거리  $\omega_s$ , IDT의 폭  $\omega_f$ , 파장  $\lambda$ , 그리고 SAW의 속도  $v_s$ 의 관계에 의해서 결정되며  $f = v_s / \lambda$ ,  $\lambda = 2(\omega_s + \omega_f)$ 으로 나타낼 수 있다.

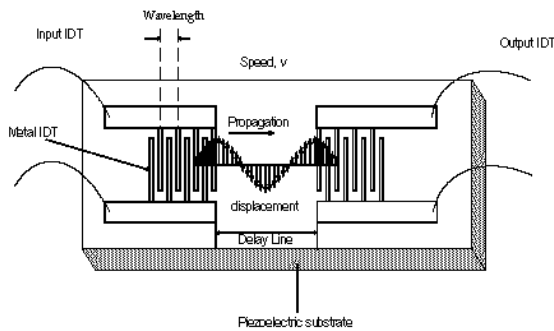


Fig. 1. SAW oscillator.

본 연구에서는 5" 크기의 PMN-PT,LT 웨이퍼 위에 IDT 전극을 제작 하였으며, 제작된 센서들의 성능을 평가하기 위하여 발진 주파수법을 이용하였다. 장치는 Fig. 2와 같이 구성하였으며 SAW의 구조를 관찰하기 위하여 Probe Station을 사용하였고, 실험에 사용된 센서는 7 종류이며, 각각의 특성은 Table.1에 나타내었다.

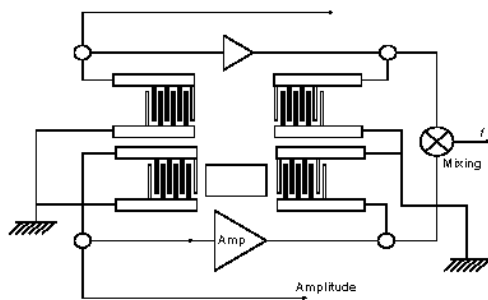


Fig. 2 Oscillation circuit for detecting frequency and amplitude.

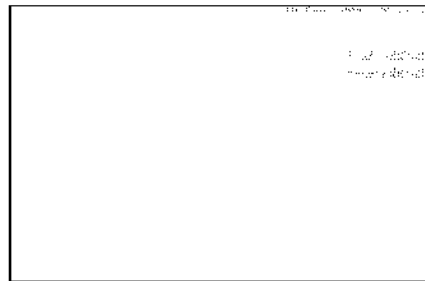
### 3. 실험결과 고찰

Fig.3은 LiTaO3(LT) 압전 기판을 사용하여 제작한 센서들의 주파수 특성을 측정 한 결과를 나타낸 것이다.(type1,2,3) 중심주파수를 측정 한 결과 type1은 348.764, type2는 261.939 그리고 type 3

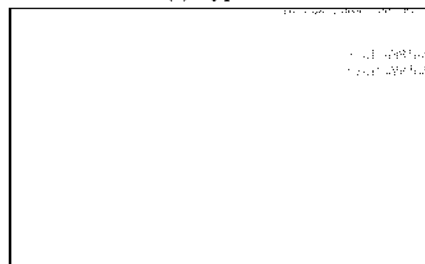
은 261.375MHz를 나타내었다. 그러나 각각의 그림에서 확인할 수 있었던 사실은 중심주파수와 주변 주파수들의 주파수 응답특성을 비교하였을 때, 3 종류의 센서에서는 중심주파수를 제외한 다른 주변 주파수들의 필터링 효과가 만족할 만큼 좋지 않았다.

Table 1. Type of SAW sensors.

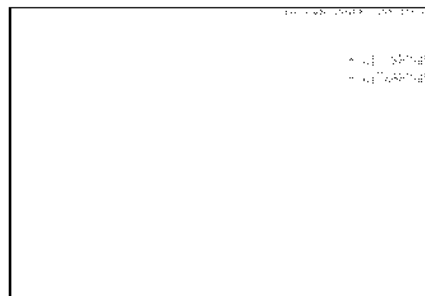
	Cutting degree and Piezoelectric material	Wave length (μm)
Type 1	36° Y-X cut LiTaO <sub>3</sub>	12
Type 2	36° Y-X cut LiTaO <sub>3</sub>	16
Type 3	42° Y-X cut LiTaO <sub>3</sub>	16
Type 4	42° Y-X cut LiTaO <sub>3</sub>	80
Type 5	42° Y-X cut LiTaO <sub>3</sub>	40
Type 6	PMN-PT	80
Type 7	PMN-PT	40



(a) Type 1.



(b) Type 2.



(c) Type 3.

Fig. 3 Frequency response in LT sensor without absorber at input and output probe.

#### 4. 결론

Fig. 4 는 LT 압전 기관과, PMN-PT 압전 기관을 사용하여 제작한 SAW 센서의 주파수 응답 특성을 나타낸 결과이다. 그림에서 파장은 40, 80 $\mu\text{m}$ , 그리고 속도는 2,336 m/sec 로 하였을 때 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 50,100MHz 일때 가장 큰 진폭을 보이며 이는 이 주파수가 중심 주파수 임을 나타낸다. 중심주파수를 중심으로 주변 주파수들의 진폭 크기를 비교하였을 때 앞의 실험 결과와는 다르게 중심주파수 주위의 주변 주파수에 대한 필터링 효과가 LT 기관을 사용할 때보다 훨씬 향상된 결과는 나타내었다. 그러나 본 연구에서 원하는 만큼의 주파수 필터링 효과는 얻지 못했다. 이는 IDT 전극 패턴 설계에 문제점이 있을거라 판단되며, 또한 반사파에 의한 영향도 많을 것이라 사료된다. 그러나 중요한 것은 전기기계 결합 계수가 높은 PMN-PT(0.91)를 사용했을 때 LT(0.02) 보다 우수한 주파수 특성을 나타냄을 확인 할 수 있었다.

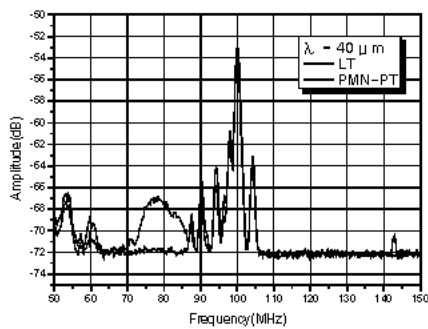
본 연구에서는 PMN-PT 압전 기관을 사용하였을 때 중심주파수에 대한 주변 주파수의 필터링 효과가 다른 압전 기관에 비해 우수함을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 원하는 만큼의 주파수 필터링 효과는 얻지 못하였는데, 이는 IDT 전극 패턴의 설계에 있어서의 문제점과 반사파의 영향이라 사료된다. 그러나 PMN-PT 전기기계 결합계수가 우수하므로 새로운 IDT 전극 패턴 설계와 반사파의 영향을 고려한다면 SAW 센서로서 활용이 가능하리라 사료된다.

#### 후 기

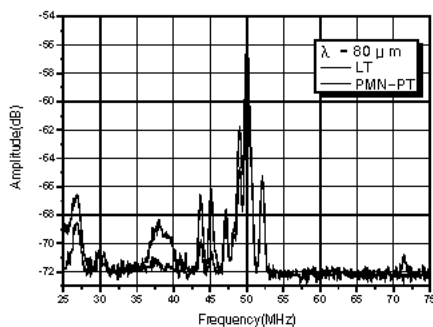
본 연구는 보건복지부 주관 신개념바이오/피치오 센서기술연구센터 지원에 의해 이루어진 것임.

#### 참고문헌

1. O. S. Wolfbesis, *Fiber Optic Chemical Sensors and Biosensors*, 1, CRC Press, Boca Ration, FL (1991) 21.
2. R. Hughes, A. Ricco, M. Butler and S. Martin, *Science*, 254 (1991) 74.
3. F. W. Scller, F. Schnbertm and T. Fedrowits, *Frontiers in Biosensors*, vol. I and II, Birkhauser, Berlin (1996).
4. C. H. Mastrangelo, *Trib. Lett.*, 3 (1997) 223.
5. J. Janata, M. Josowicz, P. Vanysek and D. M. DeVaney, *Anal. Chem.*, 70 (1998) 179R.
6. K. Hohkawa, H. Suzuki, K. Koh and S. Noge, *Proc. IEEE Ultrasonic Symp.* 1 1995, 401-404.
7. M. Rotter, C. Rock, S. Boehn, A. Wixforth, *Appl. Phys. Lett.*, 70, 1997, 2097-2099.
8. M. Rotter, A. V. Kalameitsev, A. O. Govorov, W. Ruil and A. Wixforth, *Phys. Rev. Lett.*, 82, 1999, 2171.
9. A. E. G. Cass, G. Davis, G. D. Frabcis, H. A. O. Hill, I. J. Higgeins, E. V. Plotkin, L. D. L. Scott and A. P. F. Tuner, *Anal. Chem.*, 56 (1984) 667.
10. J. G. Gualtieri, J. A. Kosinski and A. Ballato, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. cont.*, 41(1) (1994) 53.
11. Y. H. Chung and J. T. Song, *J. of KIEEME (in Korea)*, 10(1) (1997) 1.
12. C. Hong, K. Koh, C. Kaneshiro, Y. Aoki and K. Hohkawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 39 (2000) 3666
13. K. Koh, K. Miyadai, Y. Aoki, C. Hong, S. Noge, c. Kaneshiro and K. Hohkawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* 40 (2001) 3734.
14. S. M. Sze, *Semiconductor Sensors*. New York: Wiley, 1976.
15. S. H. Lee, S. S. Lee, Y. Roh, H. Y. Lee and J. H. Han, *J. of KIEEME (in Korea)*, 17(1) (2004) 31.



(a) Type 4 and 6



(b) Type 5 and 7

Fig. 4 Frequency response of SAW sensor fabricated by LT and PMN-PT piezoelectric substrate.