

표면탄성파를 이용한 ID tag, 온도 센서 제작 및 측정

조민욱, 이기정, 송태현, 양상식
아주대학교 전자공학과

Fabrication and Measurement of the ID tag and temperature sensor using surface acoustic wave

MInUk Jo, KiJung Lee, TaeHyeon Song, SangSik Yang
Division of Electronics & Computer Engineering, College of Information Technology, Ajou University

Abstract - 본 논문은 표면탄성파(Surface Acoustic Wave)의 특성을 이용하여 반사되어 돌아오는 피크 신호를 통해 개체를 식별하며 온도 변화에 따른 위상의 변화를 갖는 ID 태그 및 온도 센서의 제작공정과 네트워크 분석기를 이용한 측정에 대해 소개한다. 표면탄성파 마이크로센서는 IDT(interdigital transducer)와 ID 번호를 갖는 리플렉터, 온도 변화에 따른 위상 변위를 관찰하기 위한 리플렉터로 구성된다. 제작된 두 개의 소자는 49(0110001), 113(1110001)의 ID 번호를 가지고 있으며, 1 μs에서 기준신호를 관찰할 수 있도록 한 개의 리플렉터를 추가적으로 포함한다. 또한 온도 변화에 따른 전파 속도의 변화로 인해 발생하는 위상 변화를 관찰하기 위한 리플렉터를 포함한다. 41° YX LiNbO₃ 압전기판, AZ1512 감광제, 알루미늄을 이용하여 제작되었고 네트워크 분석기를 통해 출력된 신호로 ID 번호를 식별하고 30°C에서 120°C까지의 온도 변화에 따른 위상 변화를 측정하였다.

1. 서 론

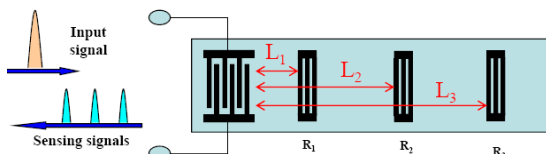
표면탄성파를 이용한 표면탄성파 마이크로센서에 대한 많은 연구가 진행되어 오고 있으며, ID 태그 센서뿐만 아니라 압력센서, 온도센서, 바이오센서 등의 응용을 통한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 표면탄성파를 이용한 마이크로센서제작의 기본적인 내용을 바탕으로 하여 피크신호는 1, 피크신호가 없는 경우를 0으로 간주하는 바코드 타입의 ID 번호 센서를 제작하는데 목적을 두었다. 41° YX LiNbO₃ 압전기판에 150 nm의 알루미늄을 증착하고 사진공정을 통해 적절한 위치로 설계된 IDT와 리플렉터의 패턴을 형성하였다.

<그림 1>은 압전기판에 패터닝된 IDT와 리플렉터들의 상호작용을 보여주고 있다. IDT는 입력된 전자기 신호를 기계적인 탄성파로 변환시키는 역할을 하며, 이러한 기계적인 신호들은 리플렉터에 의해 부분적으로 반사되어 네트워크 분석기를 이용한 신호를 통해 리플렉터의 위치를 예측할 수 있게 된다.

2. 본 론

2.1 설계

41° YX LiNbO₃ 압전기판의 변수 값을 이용하여 IDT와 리플렉터를 설계하고 측정에 용이함을 주기위한 포트와 IDT의 길이 등의 적절한 값을 설계하였다.[1] 41° YX LiNbO₃ 압전기판의 전



<그림 1> SAW센서의 입력신호 및 감지신호의 원리

<표 1> 시간에 따른 ID 번호 비트

신호	R	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
수신시간 (μs)	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.625	1.75	1.875

<표 2> 시간에 따른 리플렉터의 위치

t(μs)	L(μm)
1	2375
1.125	2671.875
1.250	2968.750
1.375	3265.625
1.875	4453.125
2.25	5343.75

파 속도는 4750 m/s 이므로 동작주파수(440 MHz)를 이용하여 파장을 구하고, $L = \frac{v_{ph}t}{2}$ 의 관계를 이용하여 IDT로부터의 리플렉터의 거리L을 구한다. ID 태그는 128개체를 식별 가능해야 하므로 7bit를 갖는 이진코드로 나타낼 수 있고, 1 μs와 2 μs사이에서 신호가 출력되도록 하여 각 비트($Rn_7n_6n_5n_4n_3n_2n_1$)는 <표 1>에서와 같은 시간에서 의미를 갖게 된다.(R : reference)

113의 ID 번호를 이진 코드로 변환하면 1110001의 값을 갖고, 49를 변환하면 0110001의 값을 갖게 되는데, 설계해야 하는 리플렉터의 개수는 기준신호를 추가적으로 포함하여야 한다.

$L = \frac{v_{ph}t}{2}$ 의 관계를 이용하여 리플렉터의 위치를 <표 2>와 같이 계산되었다.

<그림 2>와 같이 IDT는 가장 기본적인 bi-directional type을 사용하였고, 리플렉터는 허위 피크 신호와 삽입 손실이 적은 shorted-grating type을 사용하였다.[3] 전파 파장 λ 값은 $\frac{v_{ph}}{f} \cong 10.8 \mu\text{m}$ 의 관계를 통해 구할 수 있다. IDT의 크기 변수 A(aperture)와 T(total IDT length)는 75 λ 로 하였고, 리플렉터의 stripe 개수는 3에서 5로(덜수록 stripe을 많게), 세로 길이는 A/2로 하였다.

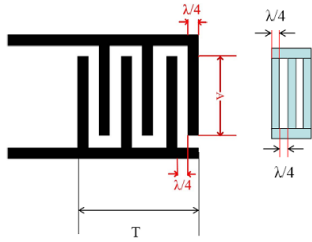
2.2 제작

제작 공정순서는 <그림 3>와 같으며, 525 μm의 41° YX LiNbO₃ 압전기판에 열증착기를 이용하여 ~150 nm의 알루미늄을 증착한다. 감광제 AZ1512를 사진 식각 공정을 통해 패터닝하고 감광제를 보호막으로 하여 알루미늄을 식각한 뒤 남아 있는 감광제를 제거 하여 소자를 제작하였다.

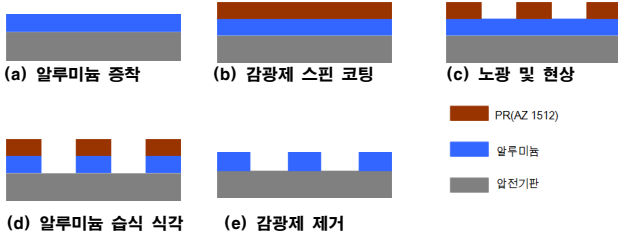
제작된 소자의 IDT와 리플렉터는 <그림 4>와 같다. (a)에 나타난 리플렉터는 기준 신호에 대한 리플렉터이며, IDT와 리플렉터의 거리는 2375 μm이다. (b)는 제작된 소자의 IDT이고 (c)에 나타난 리플렉터는 $\frac{5}{4}\lambda$, 13.375 μm의 가로 길이를 갖는다. IDT와 리플렉터의 크기에 비해 떨어진 길이가 상대적으로 크다. 따라서 (a)에서 보여지는 IDT의 패턴과 리플렉터는 매우 작게 보인다.

2.3 측정

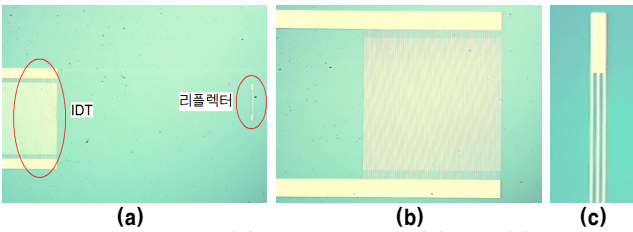
<그림 6>은 제작된 소자를 PCB기판에 연결하여 네트워크 분석기를 통해 측정된 파형을 나타내고 있다. 가장 먼저 발생하는 기준 피크 신호를 통해 0.05 μs정도의 시간 변이가 발생되었음을 알 수 있었고, 기준신호를 포함한 ID 태그의 피크 출력을 관찰할 수 있었다. 소자를 제작하는 과정에서 소자의 경계 부분에서 일



<그림 2> IDT, 리플렉터의 형상 및 크기



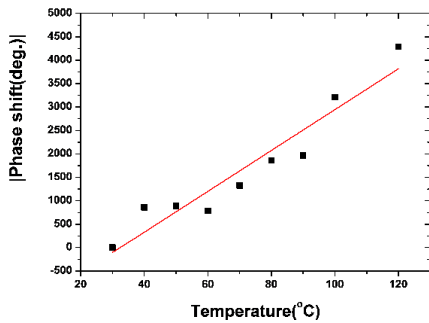
<그림 3> 소자 제작 공정도



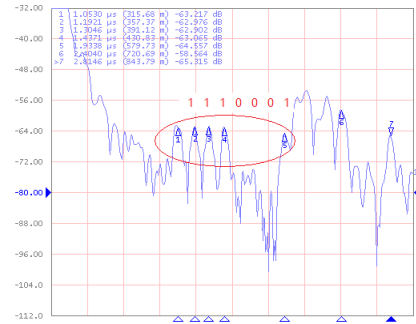
<그림 4> 제작된 소자 (a) IDT와 리플렉터 (b) IDT (c) 리플렉터

어나는 반사를 줄일 수 있는 차폐시키는 과정을 거치지 않았기 때문에 소자 경계부분에 의해서 생기는 반사 신호는 2 μs 이상에서 관찰되었고, 허위 피크가 크게 발생하였으며, 피크신호가 비교적 넓은 파형을 보였다. 1 μs에서 2 μs 사이의 파형을 보면 설계되었던 리플렉터의 위치에 따라 피크 신호가 발생하였음을 알 수 있다. 최초의 피크 신호인 기준 신호를 제외하고, 이후의 신호를 통해 피크신호는 1이고 피크신호가 없는 부분은 0인 이진코드로 해석할 수 있다. 이를 통해 1110001이라는 이진 코드 값을 통해 ID 번호는 113이라는 것을 확인할 수 있고, 0110001이라는 이진 코드 값을 통해 ID 번호가 49라는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 7비트의 리플렉터 위치조합을 통해 128개체를 식별할 수 있는 ID 태그를 구성할 수 있다.

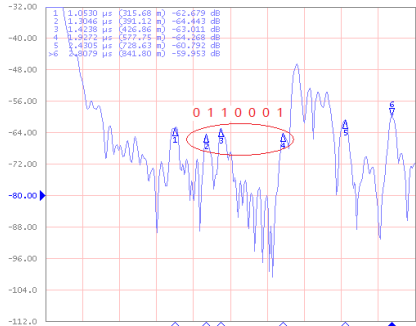
ID 태그 리플렉터에 추가적으로 온도 변화에 따른 위상 변화를 관찰하기 위해 2.25 μs에 위치한 피크 신호로 실험을 하였다. 소자를 가열판 위에 올려놓고 온도를 30°C에서 120°C까지 변화시키면서 위상을 측정 및 계산한 결과가 <그림 5>와 같다. 그 결과가 선형성을 보이므로 이를 통해 ID 태그뿐만 아니라 온도 센서의 기능 또한 수행함을 알 수 있다.



<그림 5> 온도변화에 따른 위상변화



(a)



(b)

<그림 6> 수신 신호 파형(S11)
(a) ID번호가 113인 경우 (b) ID번호가 49인 경우

3. 결 론

본 논문에서는 표면탄성파를 이용한 IDT 태그 및 온도센서를 제작하였다. 측정된 파형은 비교적 큰 손실 값을 보였고, 피크 신호가 비교적 넓게 나타났으며 허위 피크 또한 심하게 나타났다. 또한 2 μs 이상의 부분에서는 소자의 끝 부분에서 반사되는 신호에 의해 넓은 파형이 발생되었지만, 이는 ID 태그의 출력에 크게 영향을 주지는 않았다. 반면에 ID 태그 이외에 집적될 수 있는 온도센서나 압력 센서 등에는 영향을 줄 수 있기 때문에 소자를 보호해 주는 차폐층이 필요할 것이다. 이러한 차폐층은 ID 번호를 식별함에 있어서, 피크신호가 더욱 뾰족한 모양을 갖고 시간 변이를 줄여줌으로써 더 좋은 성능을 갖는 소자로 만들어 줄 것이다. 차후에 ID 태그 이외에 온도센서나 압력센서를 집적한 소자를 제작할 시에는 이러한 차폐층의 제작 또한 고려하여 성능을 향상시키도록 할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Wen Wang, Keekeun Lee, Taehyun Kim, and Sangsik Yang, Insang Woo, Ikmo Park, "A novel wireless, passive CO2 sensor incorporating SAW reflective delay line", Smart materials and structures, Vol. 16, pp: 1382-1389, 2007
- [2] Keekeun Lee, Wen Wang, Taehyun Kim, and Sangsik Yang, "Development of a 440MHz wireless SAW microsensors interated with pressure-temperature sensors and ID tag", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 17, No. 3, pp: 515-523, 2007
- [3] Haekwan Oh, Taehyun Kim, Keekeun Lee, Wen Wang, Sangsik Yang, "무선 SAW 기반 마이크로 통합센서 및 무선 측정기술 개발", 대한전기학회, 전기학회 논문지, 제56권, 제8호, pp: 1430-1435, 2007