

표면 탄성과 장치 기반의 무선 간극 측정

Wireless Gap Measurement Based on Surface Acoustic Wave Device

김재근* · 박경수** · 박노철** · 박영필** · 이택주*** · 임수철**** · 엄원석†

Jaegun Kim, Kyoung-Soo Park, No-Cheol Park, Young-Pil Park, Taek-Joo Lee, Soo-Cheol Lim and Won-Suk Ohm

1. 서론

표면 탄성과 장치(Surface acoustic wave device)는 inter digital transducer (IDT)의 구조 및 크기에 따라 특정 주파수를 선택적으로 통과 시키는 성질을 가지고 있어, 고주파 통신 시스템의 여파 장치로 많은 적용이 이루어지고 있다. 이러한 SAW device는 그 구조적인 특성으로 인한 여파 장치에 외부 특성부하 응답 또는 주위 환경에 따른 지연 응답의 변화를 이용하여 다양한 종류의 센서로 구현이 가능함과 더불어, 고주파의 이용으로 인한 무선 측정 시스템의 구현이 가능하여 그 응용 분야는 기계적인 분야를 비롯하여, 전기, 화학, 바이오 등에 걸쳐 매우 광범위하게 존재한다[2]-[4]. 이 중 외부 특성 부하를 이용하는 방법은 표면 탄성과 장치에 특정 물성의 변화를 감지할 수 있는 부하를 연결하여, 임피던스의 변화에 따른 진행 또는 반사 신호의 크기를 통해 물성을 측정하는 방법으로, 이러한 임피던스에는 저항성, 유도성, 용량성, 압전성 등의 다양한 부하가 상황에 적절하게 적용된다 [5]. 이 중 진행형 신호를 이용하는 방법은 반사형 신호를 이용하는 방법에 비해 상대적으로 잡음이 적고, 측정 효율이 높아, 고 정밀 시스템에 적용이 유리한 측면이 있으며, 여기에 안테나의 부착을 통해 무선의 초정밀 센서로 구현이 가능하다는 특징이 있다 [6]. 본 연구에서는 이러한 진행형의 신호를 이용하여 무선의 초정밀 간극 측정에 적용한다. 초 정밀 간극 측정에 주로 이용되는 부하 임피던스는 용량성 부하로, 이를 이용할 경우 비접촉 초소형의 센서로 구현이 용이한 특성을 가지게 되어, 궁극적으로는 무선의 초정밀 간극 측정 시스템으로 구현이 가능하다.

2. 등가회로 모델

표면 탄성과 장치와 부하 임피던스가 결합된 센서 시스템은 전기음향 등가 회로 중 Crossed-field model에 의해 모형화가 가능하며, 그 구조는 Fig.1과 같다. [7]

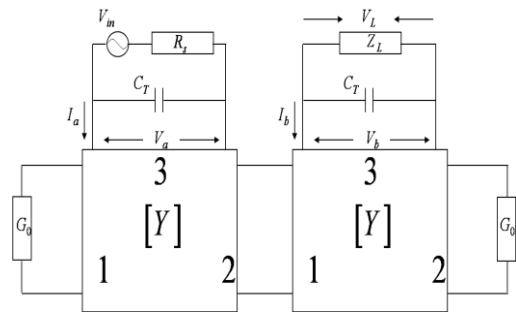


Fig.1. Crossed-field model

이 때, 측정부의 임피던스(Z_L)는 Fig.2와 같이 저항과 커패시터의 직렬로 표현이 가능하며, 이에 따른 시스템 전달함수는 Eq.(1)과 같이 표현된다 [8].

$$H(f) = \frac{V_L}{V_{in}} = \frac{y_{ab}Z_L}{k(1+y_{aa}R_S)(1+y_{bb}Z_L) - y_{ab}^2R_SZ_L} \quad \text{Eq.(1)}$$

이 때, k 는 무선 거리에 따른 신호의 감쇠 비율을 나타내며, 본 연구에서는 일정거리(30cm)에서 유선 신호에 대한 상대적 감쇠를 실험적으로 측정하였다.

본 연구에 사용된, 표면 탄성과 장치의 재료는 128° YX LiNbO₃이며, 중심 주파수는 450MHz로 선정하였으며, IDT의 apodization과 Pair는 Bulk acoustic wave에 의한 영향을 최소화하기 위해 각각 표면 탄성과 음장의 120 배와 50 쌍으

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과

E-mail : ohm@yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-5819, Fax : (02) 312-2159

* 연세대학교 기계공학과 대학원

** 연세대학교 기계공학과

*** ITF(주)

**** 삼성전기(주)

로 선정되었고 제작 후, 도전성 에폭시를 이용하여 고정되었다[10]-[11].

3. 제작 및 실험

등가회로 모델을 거쳐 설계된 표면 탄성과 장치는 Photolithography 공정을 통해 실제 제작되며, 그 완성된 형태는 Fig. 3 과 같다.

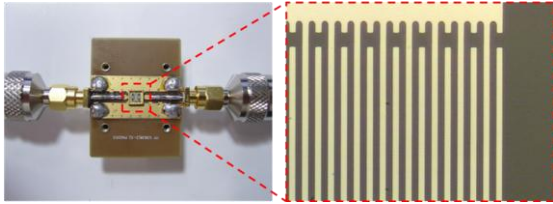


Fig.3. 450MHz SAW device.

간극의 측정을 위한 용량성 전극은 $3 \times 3 \text{mm}^2$ 의 크기로 설계 되었으며, 이를 바탕으로 구성된 전체 실험 장치는 Fig.4 와 같다. 이 때, 신호 발생기와 송수신 안테나의 특성 임피던스는 50Ω 이며 입력 신호의 크기는 2.5V 이다. 이를 바탕으로, 측정 된 간극의 조정에 따른 무선 응답의 크기는 Fig.5 와 같다.

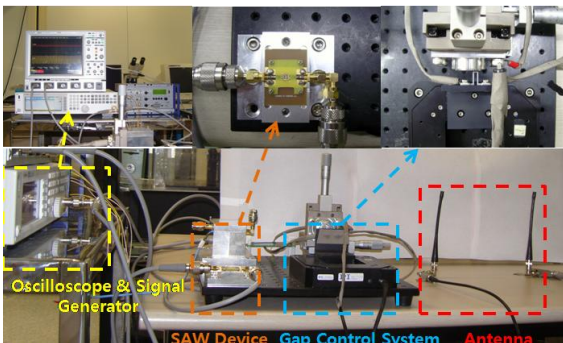


Fig.4. Experimental setup

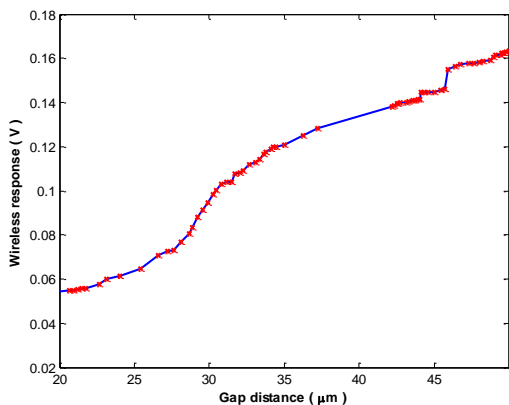


Fig.5. Experimental result

실험 결과, 무선에 따른 신호의 크기는 유선 신호 대비 약 30% 였으며, 실험 조건에서 약 50nm 의 분해능을 구현하였다.

4. 결론

본 연구에서는, 표면 탄성과 장치 기반의 무선 측정 센서를 설계하여,

50nm 분해능의 비 접촉 정전용량식 초정밀 무선 간극 측정 시스템으로 구현하였으며, 잡음 수준에 따라 더 작은 분해능의 센서로 구현이 가능함을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] Wolf-Eckhart Bulst, Garhard Fischerauer and Leonhard M. Reindl, 2001, "State of the art in wireless sensing with surface acoustic waves", IEEE transactions on electronics, Vol. 48, No.2, pp.265~270
- [2] I-Tseng Tang, Han-Jan Chen, Mau-Phon Hong and Yeong-Her Wang, 2003, "A novel integrable surface acoustic wave notch filter", Solid-State Electronics, Vol. 47, pp. 2063~2066
- [3] Jun Kondoh, Shohei Tabushi, Yoshikazu Matsui and Showko Shiokawa, 2008, "Development of methanol sensor using a shear horizontal surface acoustic wave device for a direct methanol fuel cell", Sensors and Actuators B, Vol. 129, pp. 575~580
- [4] Geunyoung Kim, and Sangsik Yang, 2006, "Novel SAW-based pressure sensor on $41^\circ \text{YX-LiNbO}_3$ ", 전자공학회 논문지, Vol.43, No.1, pp.33~40
- [5] L.M. Reindl, A. Pohl, G. Scholl, R. Weigel, 2001, "SAW-based radio sensor systems", IEEE Sens. J. 1 69~78.
- [6] Jaegeun Oh, 2004, "SAW Based Passive Radio Sensors using Energy Gathering Method", PhD.Thesis, Sogang Univ.
- [7] Velimer M. Ristic, 1982, "Principles of Acoustic Devices", J. Wiley, Toronto
- [8] C.K. Campbell, Surface Acoustic Wave Devices for Mobile and Wireless Communications, Academic Press, San Diego, 1998

후 기

본 연구는 한국 과학재단 일반 연구자 지원 사업의 기본 연구 사업(과제번호 2009-0076065)의 지원을 받아 실시되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.