

SAW 센서를 이용한 타이어 변형센서 개발

The development of tire deformation sensor using SAW sensor

은경태¹, *#좌성훈¹, 황우진¹, 김경호², 오해관³, 양상식³

K. T. Eun¹, *#S. H. Choa(shchoa@snust.ac.kr)¹, W. J. Hwang¹, K. H. Kim², H. K. Oh³, S. S. Ynag³

¹서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원, ²서울과학기술대학교 기계설계자동화 공학부,

³아주대학교 전자공학과

Key words : intelligent tire system, tire deformation, SAW sensor

1. 서론

최근 타이어의 압력을 실시간으로 측정할 수 있는 TPMS (tire pressure measurement system) 센서보다는 타이어/휠 관련 정보(타이어 힘, 노면 마찰계수, 슬립각)에 대한 실시간 감지장치인 인텔리전트 타이어 시스템 기술이 새로운 기술로 주목 받고 있다.

인텔리전트 타이어 시스템의 핵심기술 중 하나는 타이어의 변형량을 측정하는 기술이다. 타이어의 변형량을 측정할 수 있는 센서로써 스트레인 게이지 타입 센서[1], 고무수지를 이용한 정전 용량 타입 변형 센서[2] 등이 제안된 바 있다. 그러나 이러한 센서는 무선 통신을 하기 위한 별도의 시스템을 필요로 하며, 최대 20%이상의 타이어 변형률과 120℃ 이상의 고온에서 신뢰성이 저하될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 무선 통신이 가능하고 고온에서 높은 신뢰성을 갖는 SAW 센서를 제작하였고 타이어에 직접 적용함으로써 타이어 변형센서로서의 가능성을 제시하였다.

2. SAW 센서 설계 및 제작

본 연구에서는 타이어의 변형을 측정하기 위한 타이어 변형 센서로써 SAW 센서를 이용하였다. Fig. 1(a)는 제작된 SAW 센서를 보여주고 있다. SAW 센서의 기판으로는 압전 특성이 우수하여 현재 많은 분야에서 사용되고 있는 LiNbO₃ 를 사용하였다. 실험에 사용된 SAW 센서는 fig. 1(b) 의 split IDT (interdigit transducer) 구조로, 패턴의 너비 및 간격을 6 μm 로 설계 하였으며, 160MHz 에서 peak frequency 를 갖는다. SAW 센서 소자 크기는 10×4 mm 로 제작되었다. E-beam

evaporator 를 이용하여 Al 을 200 nm 두께로 증착한 후 wet etching 공정을 통하여 Al 을 식각함으로써 IDT 패턴을 형성하였다. Fig. 2 는 타이어의 변형량을 측정하기 위하여 제작된 SAW 센서 모듈의 개략도이다. PCB 는 epoxy (J-B weld)를 이용하여 타이어에 부착되었고, SAW 센서와 PCB 의 접합을 위한 adhesive 로 Loctite 401 이 사용되었다. SAW 센서와 PCB 의 전기적 연결은 wire bonding 으로 연결 되었다. 또한 50Ω RF connector 를 PCB 에 부착하여 SAW 센서의 전기적 특성을 출력 하도록 하여 실험을 진행 하였다.

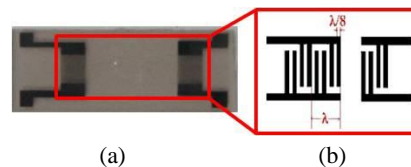


Fig. 1 Design of the SAW sensor (a) IDT structure fabricated on LiNbO₃, (b) split IDT structure

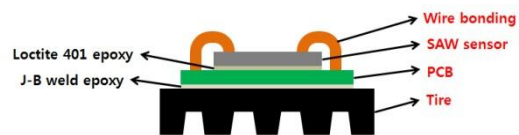


Fig. 2 Schematic of tire deformation sensor

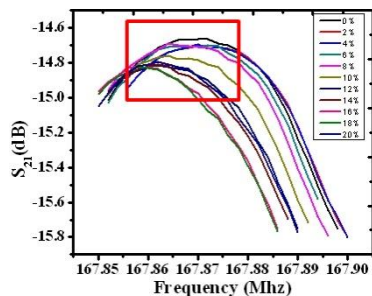
3. 결과 및 토의

타이어 인장 시 SAW 센서에 발생하는 주파수 변화를 측정하기 위하여 fig. 3 와 같이 타이어를 Instron 사의 인장 테스트기에 고정하여 2 mm/s 속도로 0%부터 20%까지

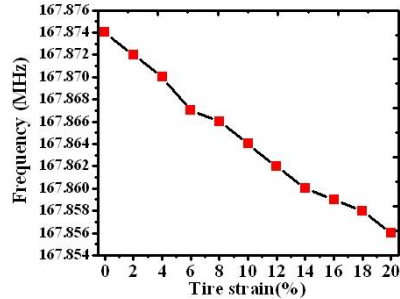
2%단위로 인장 하였다. 동시에 SAW 센서의 주파수 변화를 Network analyzer 를 이용하여 측정하였다. Fig. 4(a)는 타이어의 인장률에 따른 SAW 센서의 주파수 변화를 나타내고 있다. 타이어의 인장이 증가 될수록 SAW 센서의 주파수는 점차 감소는 경향을 보였다. Fig. 4(b)는 타이어 인장에 따른 peak 주파수의 변화를 나타내고 있다. SAW 센서의 peak 주파수는 타이어가 20%까지 인장 되었을 때 선형적으로 감소하는 경향을 보였으며, 이때의 주파수 차이는 약 18 kHz 로 측정되었다. 타이어를 인장시켰을 경우 SAW 센서의 IDT 간의 거리는 멀어지게 되고 전기 신호가 입력 IDT 에서 출력 IDT 를 통과하게 되는 시간은 길어지게 된다. 식 $F=1/T$ (1) 에서 알 수 있듯이 시간(T)과 주파수(F)는 반비례하므로 시간이 길어질 경우 주파수는 감소하게 된다. 이 결과를 통하여 SAW 센서의 주파수 변화는 타이어의 변형량을 직접적으로 판단할 수 있는 근거가 될 수 있다고 판단된다.



Fig. 3 Frequency measurement for Tire deformation



(a)



(b)

Fig. 4 Measured frequency change of the SAW sensor (a) Total frequency changes with the tire deformation, (b) Peak frequency changes in the midst of total frequency

4. 결론

본 논문에서는 무선 통신이 가능하고 고온에서 높은 신뢰성을 갖는 SAW 센서를 제작하였고, 타이어 변형량 측정 센서로서의 적용 가능성에 대한 연구를 수행하였다. 최대 20%의 타이어 인장에서 SAW 센서의 peak 주파수는 약 18 kHz 가 선형적으로 감소하였고, 이 결과는 SAW 센서가 타이어의 변형량 측정 센서로서 매우 적합함을 나타낸다. 본 연구에서 제시한 SAW 센서는 타이어 변형량 측정 센서로서 차후 인텔리전트 타이어 시스템 개발에 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업 원천 기술 개발 산업의 일환인 “인텔리전트 타이어 시스템 개발” 의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. R. KONNA et al., "A Highly Sensitive Strain Sensor Using Surface Acoustic Wave and Its Evaluation for Wireless Batteryless Sensor Network", IEEE SENSORS 2007 Conference, 796-799, 2007
2. Ryosuke Matsuzaki et al., "Rubber-based strain sensor fabricated using photolithography for intelligent tires", Sensors and Actuators A 148, 1-9, 2008