

접촉식 면적변화형 전기용량 변위센서의 분해능 향상을 위한 연구

A Study on the Improvement of Resolution for Contact-type Area-Varying Capacitive Displacement Sensor

*김웅지, 김성주, 강대실, #문원규

*W. J. Kim, S. J. Kim, D. S. Kang, #W. K. Moon(wkmoon@postech.ac.kr)

포항공과대학교 기계공학과

Key words : Contact-type, Capacitive, Displacement Sensor, Resolution, Positioning System

1. 서론

정밀 측정은 과학과 공학 분야에서 매우 중요하다¹. 그 중에서도 특히 변위센서는 모양, 위치, 속도, 힘, 정렬 상태 등과 같은 여러 가지 기계적 특성을 측정할 수 있는 기반이 된다². 산업의 발달과 함께 이러한 변위센서의 기술 요구는 과거에 높은 해상도에 초점이 맞추어졌지만, 현재에는 점차 높은 해상도뿐만 아니라 넓은 측정영역을 동시에 만족하는 것에도 초점이 맞춰지고 있다. 이러한 기술의 추세는 변위측정 능력에 있어서 초정밀은 물론 대 변위를 가지는, 이른바 높은 동적 영역을 요구되고 있다³.

그리하여 본 연구진은 접촉식 면적변화형 전기용량 대 변위 센서를 통한 연구에서 10^7 에 달하는 동적 영역을 얻을 수 있는 가능성을 보여 주었다⁴. 또한, 이렇게 제안된 변위센서를 정밀 포지셔닝 시스템에서 구현하였고, 지속적인 성능 향상에 대하여 연구가 진행 중이다.

2. Z-축 정렬 오차의 기구학적인 개선

본 연구에서 초정밀 포지셔닝 시스템에서 사용 되는 센서는 Fig. 1 과 같으며, 평판 형태의 전기용량 센서이다. 상판과 하판이 접촉하여 미끄럼 운동을 하며, 변위에 따라 전기 용량 값이 변하는 원리에 기반하고 있다. 이 센서의 두 개의 평판이 오직 스테이지의 진행 방향인 X-축으로만 상대적인 운동을 하는 것이 이 센서의 이상적인 거동이다.

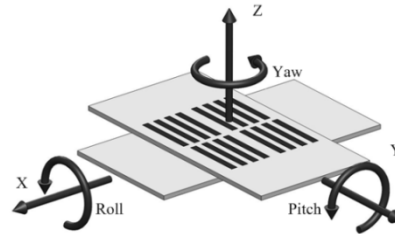


Fig. 1 Relative Degree of Freedom with respect to Top and Bottom Electrode

시스템의 분해능은 이렇게 제작된 센서의 가공 정밀도뿐만 아니라, 이 센서의 성능을 최종 단계에서 구현하여 센서가 기대되는 이상적인 거동을 할 수 있게 도와주는 스테이지와 센서에서 나오는 신호를 처리하여 주는 회로 및 신호 처리 기법이 중요한 요소가 된다. 센서는 마이크로 머시닝의 가공오차 때문에 실제로 이상적인 평판으로 가공될 수 없다. 이 때문에 두 평판의 접촉상태에서 위에서 언급한 이상인 거동을 할 수 없다. 이러한 이유로 접촉 유지 개선을 위한 연구가 진행되었고, 그 결과로 이 센서의 미끄럼 운동이 높은 반복정밀도를 확보하게 됨으로써 변위 센서로서 사용될 수 있음을 보였다⁵.

이러한 연구의 결과로 센서의 반복 정밀도는 향상되었지만, 시스템이 더 높은 분해능을 가지기 위해서는 이상적인 상황에 가까운 신호가 얻어지도록 기구학적 개선을 해나갈 필요성이 있다. 본 연구의 목표는 센서와 스테이지를 연결하는 지그의 방식을 개선하여 센서와 스테이지가 결합 시 평판도가

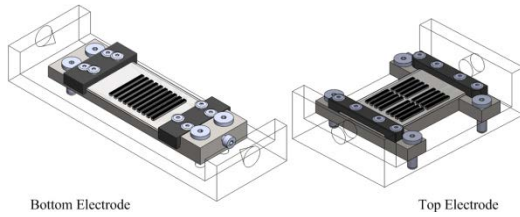


Fig. 2 Clamped-type Sensor Jig

악화되는 것을 최소화 하여 시스템의 분해능을 높이는 것이다.

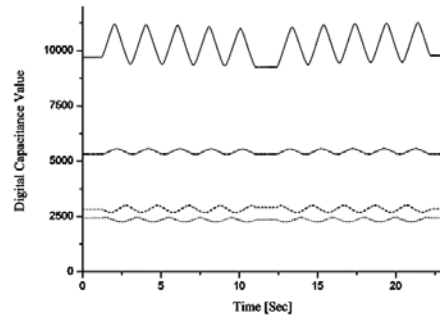
이 중에서 Z-축 정렬 오차는 시스템에서 개선할 수 없는 마이크로 머시닝 된 센서의 표면 형상과 센서와 스테이지를 연결하는 지그를 접착제 또는 양면 테이프를 통하여 고정하는 것이 기인한다. 테이프를 사용하는 경우 결합력이 약해 센서가 움직였고, 접착제를 사용하는 경우 센서와 지그 사이의 이물이 존재하기 때문에 센서의 변형이 발생하여 두 평판은 위에서 언급한 이상적인 거동을 할 수 없게 된다. 양면 테이프를 사용한 경우 접착제를 사용한 경우보다 신호가 더 좋지 못하였고, 접착제를 사용한 경우의 신호는 Fig. 3(a)와 같았다.

이러한 문제의 개선 방안으로 Fig. 2 와 같은 꺾쇠 방식 사용하게 됨으로써 센서와 지그 사이에 Fig. 3(b)와 같이 얻어지는 네 개의 신호의 오프셋과 진폭의 크기가 현저하게 비슷해지는 결과를 얻을 수가 있었다. 꺾쇠 방식의 경우 센서와 지그 사이에 이물이 존재하지 않고 센서를 고정시키기 때문이라고 판단된다.

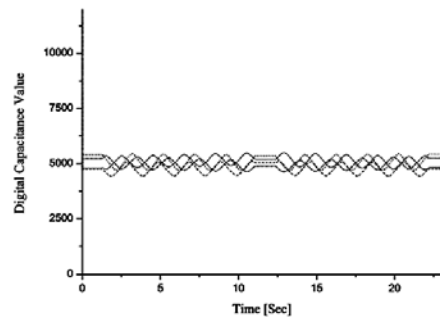
이렇게 꺾쇠 방식을 사용하게 됨으로써 센서에서 얻어지는 네 개 신호의 오프셋과 진폭의 크기가 현저하게 비슷해 짐에 따라서, 회로에서 아날로그 신호를 디지털 신호를 변환할 때 사용하는 ADC 칩의 입력 신호 범위의 대부분을 사용할 수 있게 된다.

3. 결론

이렇게 꺾쇠 방식을 통하여 Z-축 정렬 오차 문제의 한 부분인 센서와 지그간의 관계를 개선함으로써 센서의 안정적인 기구학적 거동과 더불어 시스템의 최종 분해능의 향상을 기대할 수 있다.



(a) Glue bonding-type Sensor Jig



(b) Clamped-type Sensor Jig

Fig. 3 Digital Signal of Displacement Sensor

후기

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2010-0019292)

참고문헌

1. “Metrology”, Wikipedia.
2. PI, “Capacitive position sensors – Nanometrology solutions”. In: Physikinstrumente, editor: Physikinstrumente, 2009.
3. Kang DS, Kim MJ, and Moon WK, “Optimization of a capacitive sensor for high dynamic range”, J. of the Korean Sensors Society, **19**(2), 92-98, 2010
4. Kim MJ, Moon WK, Yoon ES, and Lee K-R, “A new capacitive displacement sensor with high accuracy and long-range”, Sensors and Actuators A, **130-131**, 135-141, 2006
5. 이원구, “접촉 유지 개선을 통한 CLECDiS 의 신호 신뢰성 향상”, 포항공과대학교 대학원, 기계공학과, 2011