

## 비점수차법을 이용한 변위센서 개발

이창우\*, 송준엽, 하태호, 김준현(한국기계연구원)

### Micro Displacement Sensor Using an Astigmatic Method

C. W. Lee\*, J. Y. Song, T. H. Ha, J. H. Kim (KIMM)

#### ABSTRACT

This paper presents the displacement sensor based on astigmatic method that has a small measurement range. The sensor has the characteristic that the measuring range is changed easily by exchanging a objective lens or distance between a objective lens and a collimator lens. The measuring range and resolution is evaluated by a laser interferometer.

**Key Words** : DVD Pick-up, Astigmatic method (비점수차법), Focus error signal (초점오차신호), Small displacement sensor (소형변위센서)

#### 1. 서론

산업의 큰 축이라고 하는 3C 기술인 Computer, Communication, Control에서 변위센서 기술은 Control 기술의 핵심기술로 파급효과가 큰 부품이다. 현재 산업의 화두가 유비쿼터스가 되면서 제품의 크기가 작아지고 이에 따라서 부품도 작아지고 정밀화 되고 있다. 이러한 부품들을 조립하기 위해서는 조립되는 2개 이상의 부품의 상대위치 정밀도가 중요하다. 그러나 조립기의 경우 조립되는 위치에서 상대정밀도가 중요하고 행정전체에서 정밀도를 요구하지는 않는다. 이러한 이유로 조립하는 부품을 Picking 해서 조립되는 위치로 고속으로 움직이고 조립되는 위치에서만 위치정밀도를 유지하는 구조로 기계를 디자인 할 수 있다. 이렇게 기계를 디자인하면 기구부를 필요이상으로 정밀도를 가지지 않아도 되므로 작고 가볍게 설계가 가능하다.

조립위치에서의 상대위치정밀도를 보장해야하는데 손쉬운 방법이 정밀 변위센서를 이용해서 측정에 의해서 보정하는 방법이다. 이러한 변위센서는 측정범위가 수  $\mu\text{m}$ 에서 수십  $\mu\text{m}$ 정도이고 서브마이크로미터의 분해능을 가지며 설계가 용이하도록 크기가 작은 변위센서다. 본 연구에서는 현재 DVD와 CD Pick-up에서 초점을 맞추기 위해서 사용되는 비점수차법을 이용하여 소형의 변위센서를 제작하였고 레이저 인터페로메터를 이용하여 정밀도를 측정하였다. 수학적으로 접근하려는 시도도 있었으나 본 연구에서는 사용되는 4분할 PD가 접합되는 지점에 두께가 존재하고, 빛이 Gaussian 분포를 하고, 무엇보다도 광학계의 조립오차에 의해서 정확한 수학적 해석보다는 제작된 변위센서를 마이크로 부품의 조립기 제작에 적용하기 위해서 성능평가 및 개선을 목표로 하였다.

#### 2. 비점수차법

Fig. 1은 비점수차법의 개략적 원리를 나타내는 그림으로 CD나 DVD Pick-up 분야에서는 잘 알려진 기술이다. 비점수차법을 이용한 센서개발에서 중요한 부분은 PD에서 나온 소 신호를 고 배율로 증폭하는 기술과 원리에서 나타나있는 것처럼 광 강도에 의해서 신호가 변하게 되므로 LD를 안정화하여 일정한 출력을 나타내도록 하는 기술이 중요하다.

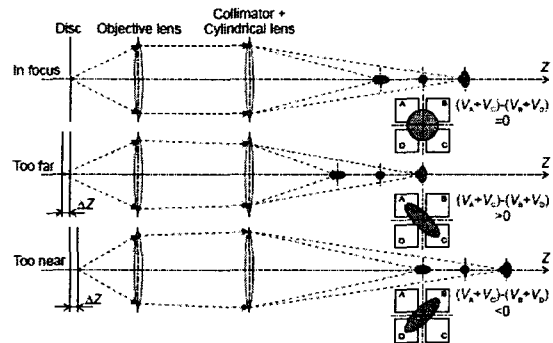


Fig. 1 Principle of astigmatic method

마이크로 부품의 조립기에 적용하기 위해서는 부품의 조립정밀도에 따라서 변위센서의 측정범위와 분해능이 결정된다. 본 연구에서 제안한 비점수차법을 이용한 변위센서는 Object Lens를 바꾸거나 Object Lens와 Collimator Lens의 거리를 변화 시키면 측정범위와 분해능을 변화 시킬 수 있다.

#### 3. 실험장치

Fig. 2는 제작된 변위센서를 레이저 인터페로메터를 이용하여 성능평가를 하는 실험 장치를 나타낸다. 레이저 인터페로메터는 API사 제품으로 분해능

이  $0.02 \mu\text{m}$ 이고 정밀도는  $0.5 \text{ ppm}$ 이고, 미소 구동기는 PI사 제품으로 PZT를 이용하여 변위를 증폭하여 행정이  $100 \mu\text{m}$  구동이 가능하다. Fig. 3은 Object Lens와 Collimator Lens의 거리를 나사를 이용하여 변화시켜 측정범위와 분해능을 변화시킨 변위센서를 나타낸다.

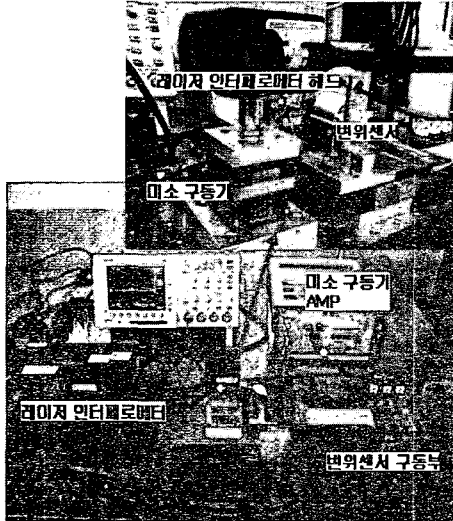


Fig. 2 Measuring sensor characteristic

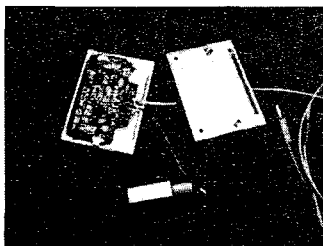


Fig. 3 Micro sensor

#### 4. 실험결과

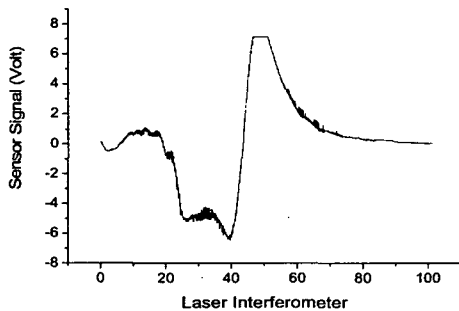


Fig. 4 Measured S-curve sensor signal

본 연구에서 Object Lens를 2가지 종류를 사용하여 측정범위를 변화시켰고 Object Lens와 Collimator Lens의 거리를 나사를 이용하여 변경하여 측정범위와 분해능을 변경하였다. Fig. 4는 type 1의 측정범위가 작은 센서를 구동기의 행정  $100 \mu\text{m}$  전 범위에서 측정된 결과로 비점수차법이 가지는 S곡선을 나타낸다. Fig. 5는 Type 1의 6차례 반복능을 나타내는 것으로 약  $0.1 \mu\text{m}$  가지며 선형구간은 약  $5 \mu\text{m}$ 이다. Fig. 6는 Type 2의 반복능 결과로 약  $1.0 \mu\text{m}$ 에 측정구간은 약  $40 \mu\text{m}$ 를 나타낸다. 본 연구에서 Object Lens를 변경을 통하여 쉽게 측정구간과 반복능이 다른 미소 변위센서를 구성 할 수 있음을 확인하였다.

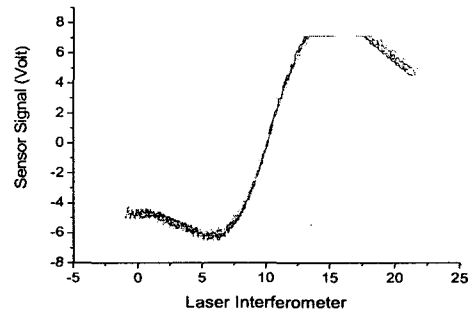


Fig. 5 Type 1 repeatability test

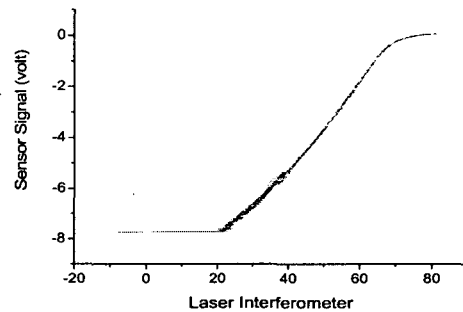


Fig. 6 Type 2 repeatability test

#### 참고문헌

1. B. Hnilička. "Modeling and identification of the optical part of a DVD player," Internal report of LAG, ENSIEG, INPG,(AP02-2), December 2002
2. B. Hnilička, A. Besançon-Voda, et al."Modelling the focus error characteristic of a DVD player," Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Control Applications, pp 629-630, September 2002.
3. Kuang-Chao Fan, Chih-Liang Chu, Jong-I Mou, "Development of a low-cost autofocusing probe for profile measurement," Institute of Physics Publishing, pp 2137-2146