

마이크로 두께센서 개발

서만형*, 표성열**, 민남기**
 *(주)오토닉스 **고려대학교

Development of microthickness sensor

Man Hyoung Seo*, Seong Yeol Pyo**, Nam Ki Min**
 *Autonics, **Korea University

Abstract - 회전다면경(Polygon mirror)을 이용한 비접촉식 마이크로 두께 측정센서를 개발하였으며, 측정된 성능은 다음과 같다. 투·수광부 거리: 288mm, 측정 범위: 1~60mm, 분해능(표시): 0.1 μ m, 최소검출물체: 1mm, 사용온도: 0~50°C.

1. 서 론

가공품의 신뢰도와 생산성 향상을 위해서 치수의 자동검사가 요구된다. 자동검사에 대한 연구는 일본이 가장 앞서 있으며, 독일, 미국 등도 유사한 수준을 유지하고 있다. 일본의 경우 생산현장의 자동화율이 가장 낮은 검사공정을 몇 개의 특화된 자동검사시스템을 개발하여 해결하고 있으며, 최근에는 레이저기술을 활용한 고정밀 자동치수검사시스템이 도입되었다. 또한, 여러 가지 원리의 정밀한 센서와 전용 컨트롤러, 인터페이스기술, 광학기술, 마이크로프로세서들을 시스템에 부여하여 입출력 확장성이 크고 현장적응능력이 우수하며 다점 측정이 가능한 지능형 원격·무인 자동치수검사시스템개발에도 많은 노력을 하고 있다.

본 논문에서 회전다면경을 이용한 레이저 주사방식의 마이크로 두께센서를 개발하였다. 이 비접촉식 센서는 측정 대상물에 레이저 광속을 등간격으로 주사하여 측정물체에 의해 차단되는 광속의 시간간격으로부터 물체의 두께를 고정밀도, 고속측정이 가능하다.

2. 구조 및 원리

마이크로 두께센서는 그림 1과 같이 레이저 주사 및

수광 광학계와 신호처리를 위한 전자회로부로 구성된다. 레이저 광학계는 적색 반도체 레이저에서 나오는 광속을 시준해 주는 레이저 collimator 렌즈와 시준된 빔을 주사해주는 회전다면경, 그리고 주사된 광속을 측정 대상물에 등간격 주사가 되도록 해주는 주사 렌즈계($f\theta$ -렌즈) 및 수광면에 주된 광속을 집중시켜 주기 위한 condenser 렌즈계로 구성된다. 신호처리를 위한 전자회로부는 회전다면경을 정속도 회전시키는 모터 드라이버, 반도체 레이저를 일정광량으로 발광시키는 레이저 전원부, 주사된 광속을 전기신호로 변환하여 증폭하는 수광 및 증폭부, 전기신호의 edge를 검출하는 edge detector, 검출물체의 두께정보를 시간정보로 바꾸어 그 시간을 계수하는 counter, 전체 시스템의 신호흐름을 제어하며, 연산 등을 행하는 신호처리기, 그리고 측정결과를 표시하는 display부, 외부 통신부로 구성된다.

3. 설계 및 제작

3.1 광학계

설계 tool인 optical research associates사의 code V를 이용하여, $f\theta$ lens, condenser lens, collimator lens 및 cylindrical lens를 설계하였다. 주사 광학계는 pre-objective형 광학계로서 등각속도 회전운동에 대한 광학계로, 결상되는 상의 높이는 $y'=f\theta$ 를 만족하는 $f\theta$ 렌즈로 설계를 하였으며, 편향기의 면 흔들림 오차에 의한 오차보정은 편향경면과 결상면을 공액관계가 되게 하는 완전 보정방식으로 설계를 하였다. 그림 2는 설계 제작된 투 수광부의 사진이다.

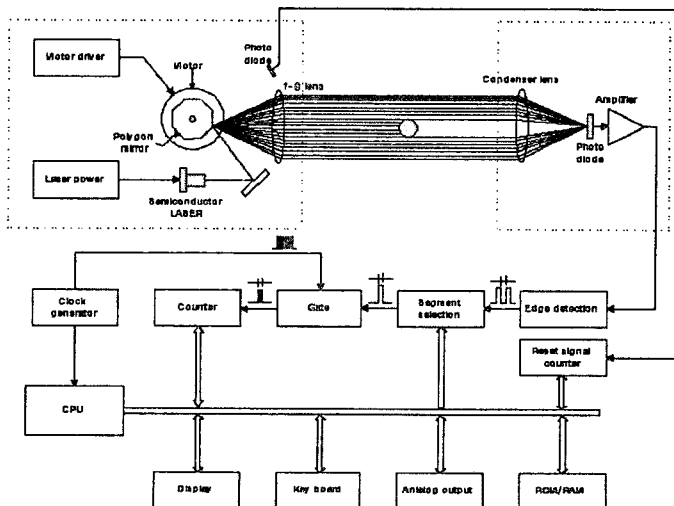
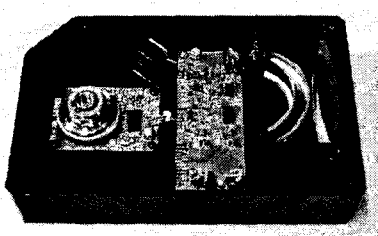
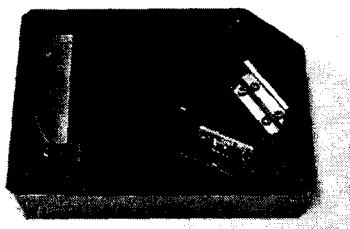


그림 1 레이저 주사 마이크로미터의 구성도

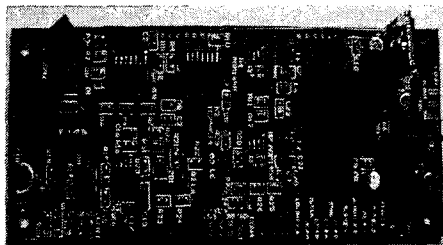


(a) 투광부 광학계



(b) 수광부 광학계

그림 2 제작된 마이크로 두께센서의 광학계



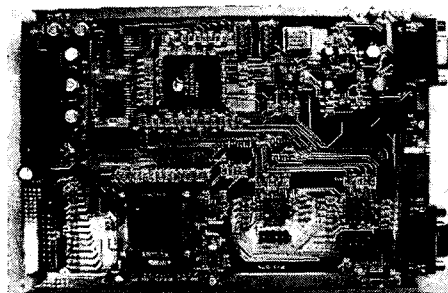
(c) 증폭기 PCB

그림 3 제작된 마이크로 두께센서의 PCB

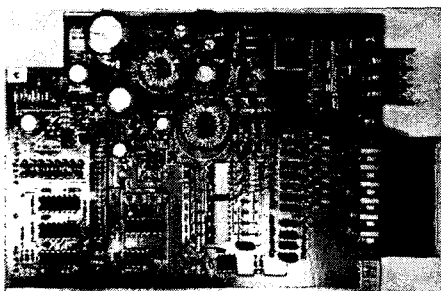
3.2 전자회로부

마이크로 두께센서의 전자회로는 32bit RISC architecture의 CPU와, 디지털 신호처리 및 각종 고압연산을 수행하기 위한 FPGA chip, 편향 미러의 등각속도회전을 위한 polygon mirror driver, 반도체 적색 레이저를 일정하게 광을 발생시키기 위한 레이저 다이오드 드라이버, 그리고 광 신호 증폭을 위한 광다이오드 증폭기, 동기신호의 edge검출을 위한 동기검출회로, 그리고 display unit, switching power supply, keyboard 등으로 구성되어있다.

그림 3은 제작된 전자회로부 PCB 예이다.



(a) Main PCB



(b) 전원 PCB

3.3 프로그램 설계

마이크로 두께센서에 적용된 CPU는 Hitachi사의 32bit RISC architecture의 SH7034를 사용하였으며, 전체 구동알고리즘은 그림4와 같으며 비선형성 보정 방법은 fθ-lens와 기타 광학계가 안고 있는 종합적인 비선형오차를 사전에 calibration하여 ROM에 저장한 후 그 값을 참고하여 현재의 데이터와 비교하여 보정하는 알고리즘을 연구하여 구현하였으며, 외부 시스템과의 인터페이스는 EIA가 만든 통신 프로토콜인 RS232C를 기준으로 하여 설계하였다.

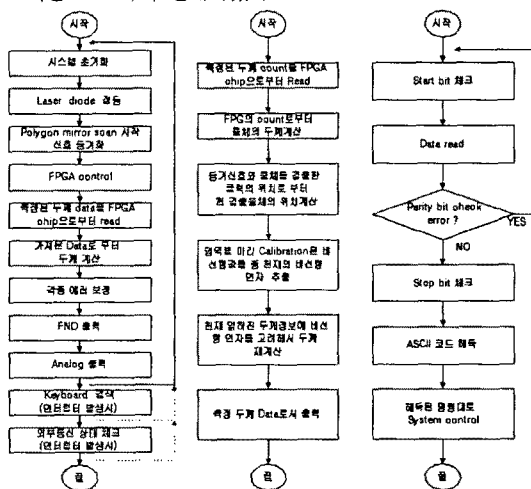


그림 4 CPU 프로그램의 흐름도

그림 5은 제작된 마이크로두께 센서의 controller와 외관을 나타낸 사진이다.



그림 5 CPU 프로그램의 흐름도

4. 특성 평가 시험 결과 및 검토

그림 6은 유효 주사폭(effective scanning width) 시험결과이다. 시험조건은 센서평균설정 1024회 이동평균, 주변조도 10 lux이하, 주변온도 25℃이고, 방법은 두께가 1mm인 표준물체를 linear motion controller위 올려놓고, 주사 방향으로 이동해가면서 검출결과를 확인하였다.

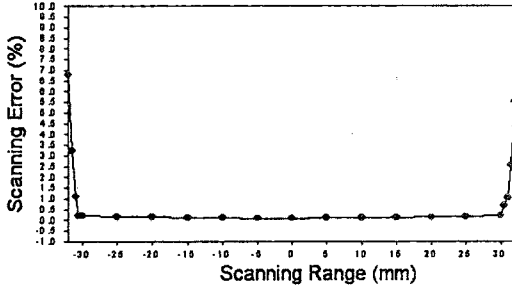


그림 6 유효 주사폭 평가 결과

그림 7은 투수광부간 거리 시험결과이다. 시험조건은 센서평균설정 1024회 이동평균, 주변조도 10 lux이하, 주변온도 25℃이고, 시험방법은 두께가 1mm인 표준물체를 주사방향의 중심에 두고, linear motion controller 위에 투수광부를 각각 올려놓고 서로 표준물체를 중심으로 이동하면서 검출결과를 확인하였다.

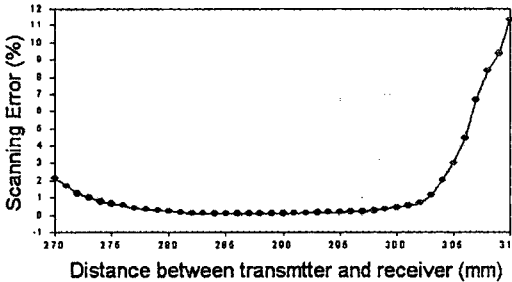


그림 7 투수광부간 거리 시험 결과

그림 8은 디스플레이 분해능을 측정한 것이다. 시험조건은 앞의 실험과 동일하며, 시험방법은 두께가 1mm인 표준물체를 주사방향의 중심에 고정시켜 두고, 마이크로 두께 센서에서 출력되는 디스플레이 분해능 데이터를 PC를 통해 모니터링하여 확인한다.

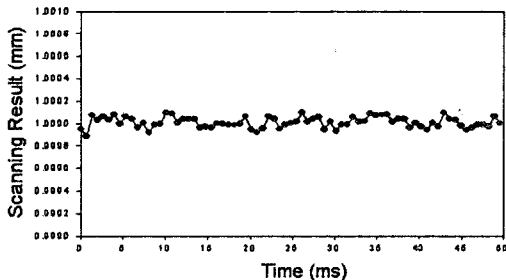


그림 8 디스플레이 분해능 평가 결과

그림 9는 직선성(linearity)을 측정한 결과이다. 시험

조건은 앞의 실험과 동일하며. 시험방법은 두께가 1mm인 표준물체를 주사방향의 전 영역을 이동해가면서 측정결과를 확인한다.

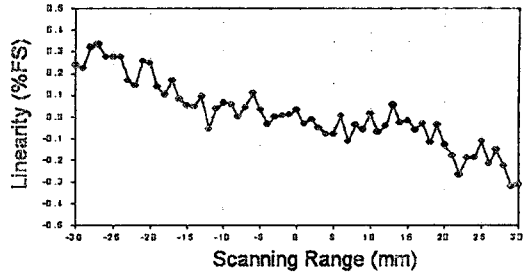


그림 9 직선성 평가 결과

그림 10은 최소검출물체(minimum detectable object) 시험 결과이다. 시험조건은 앞의 실험과 동일하며, 시험방법은 두께가 1mm이하인 여러 검출물체를 주사방향의 중심에 고정시켜 두고 측정한다.

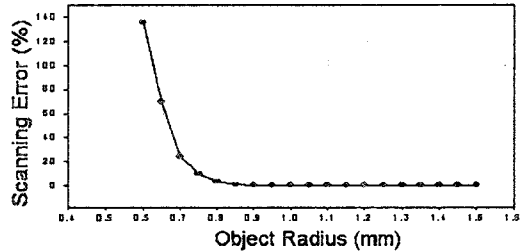


그림 10 최소 검출물체 시험 결과

개발 완료된 마이크로 두께센서의 사양을 종합하면 표 1과 같다.

광학계	① Spot size	550 ~ 562 μ m
	② f θ characteristics	-0.032 ~ 0.035%
	③ Linearity	-0.10 ~ 0.12%
	④ Optical power ratio	-3.2 ~ 0.2%
	⑤ Jitter	0.088%
	⑥ Flatness	Max 300 μ m
마이크로 두께센서	① Effective scanning width	82.0mm
	② Distance between transmitter with receiver	288.1mm
	③ Display resolution	0.1 μ m
	④ Linearity	-0.32 ~ 0.35%FS
	⑤ Minimum detectable object	0.88mm

5. 결론

Polygon mirror와 f θ -lens, condenser lens, collimator lens 및 레이저 다이오드 등을 사용하여 비접촉 주사방식에 의한 마이크로 두께센서를 국산화하였다. 마이크로 두께센서 중 가장 핵심기술 및 dominant error 요소라고 할 수 있는 f θ -렌즈는 pre-objective형의 구조로서 수차보정과, 편향미러의 축 흔들림에 의한 오차 보정이 되도록 설계 및 제작되었다.

개발된 마이크로두께센서는 가공품 자동치수 검사 시스템에 적용되어 상품화 연구가 진행되고 있다.

본 논문은 산업자원부에서 시행한 산업기반기술개발사업(공정 자동화 센서개발)의 기술개발결과입니다.