

레이저 간섭계를 이용한 형상 측정

Profile measurement by Using Laser Interferometer

김도형*, 임노빈, 김현수, 김진태*

*조선대학교 광응용대학원, 조선대학교 광기술공학과

*kimjt@chosun.ac.kr

컴퓨터 기술, 영상 처리기술, 기계장치의 자동화 발전에 따라 레이저를 이용한 형상 측정 기술 개발은 반도체 표면 측정 등에 응용되어지는 매우 중요한 분야^[1]를 차지하고 있다. 레이저를 이용한 정밀 표면 측정 기술은 레이저 파장의 1/4에 해당하는 높이까지 CCD 카메라와 연계시켜 측정할 수가 있다. 레이저 간섭계는 Michelson, Mirau, Linnik 등에 의해 개발된 간섭계가 주로 이용되고 있다.

본 논문에서는 4-bucket 알고리즘^[5]을 사용하기 위하여 영상을 $\theta=\pi/2$ 씩 위상 이동시켜 다음과 같은 4개의 간섭 무늬 강도 영상 정보를 획득하여 Borland C++ 프로그램을 이용 위상을 계산하였다.

$$I_n(x, y) = a(x, y) + b(x, y) \cos(\phi(x, y) + n\theta) \quad (1)$$

여기서 $n=0, 1, 2, 3$ 이고 $\theta=\pi/2$ 이다.

이러한 영상 정보를 이용하여 위상 $\phi(x, y)$ 와 형상 정보 $h(x, y)$ 를 다음과 같이 표현할 수가 있다.

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3} \right] \quad (2)$$

$$h(x, y) = \lambda * \phi(x, y) / 4\pi \quad (3)$$

(2)에서 얻은 위상은 역 탄젠트 함수에 의해 계산되어지며 2π 모듈로 모호성이 존재하게 된다. 또한, 영상 잡음 등이 실려 있기 때문에 영상 잡음을 제거 할 필요가 있다. 이러한 CCD 카메라, frame grabber, 외부 실험 환경 등에서 발생하는 잡음을 제거하기 위한 방법으로 median 필터와 Vikhagen^[4]이 사용한 알고리즘을 이용하였다. 특히, Vikhagen이 제안한 잡음 제거 방법은 필터링된 획득된 영상과 π 위상 이동하여 얻은 영상을 결합함으로써 convolution 오차를 피할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한, 이렇게 얻은 위상 지도의 2π 모듈로 모호성을 제거하기 위하여 FFT 방법, 경로 독립 Cellular automata 방법 등^[2-3] 여러 가지 방법이 있으나 본 논문에서는 경로 종속 방법으로 이차원 연속 주사 방법을 이용하였다. 프로그램 알고리즘 확인을 위하여 인위적으로 만들어진 경사면을 이용하여 얻어진 간섭무늬를 사용하였다. 그림1은 위상 결핍된 삼차원 경사면을 보여주고 있다.

경사면의 표면 조도를 측정하기 위하여 마이켈슨 간섭계를 이용하였으며 PZT를 PC에서 자동 제어 PZT에 고전압을 가해 줌으로서 액츄에이터 위치를 변화하여 위상 이동을 하였다. 마이켈슨 간섭계를 사용하는 경우 참조 거울의 위치를 0, $\lambda/8$, $\lambda/4$, $\lambda/2$ 등으로 변화시켜 위상 이동을 한다. 위에서 적용한 위상 이동 간섭계 알고리즘과 위상 펼침을 통해 측정물체의 표면 형상을 구현하였다. 그림 2는 본 실험 장치의 구성도를 보여주고 있다.

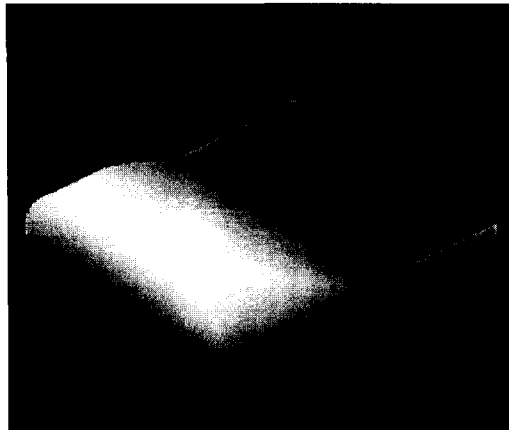


그림 1. 위상 결핍된 경사면의 삼차원 형상

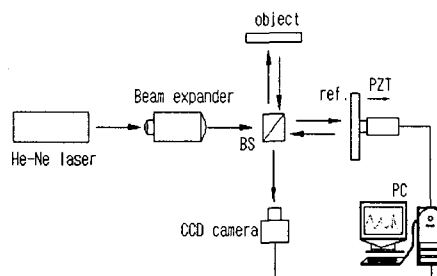


그림 2. 마이켈슨 간섭계를 이용한 표면 조도 측정 구성도

참고문헌

1. J. C. Wyant, Photonics Asia 2002 (2002).
2. D. W. Robinson and G. T. Reid, "Interferogram Analysis", 108 (1993).
3. D. C. Ghiglia, G. A. Mastin, and L. A. Romero, JOSA A 4, 267 (1987).
4. E. Vikhagen, Applied Optics, 29 137 (1990).
5. M. Burnett, "The Automatic Analysis of Interferometric DATA-FRAN", 8 (1996).

감사의 글

이 논문은 한국과학재단, 조선대학교에서 조선대학교 레이저응용 신기술개발 연구센터에 지원한 연구비에 의해 연구 되었음