

주사식 위상천이 모아레 간섭계에 의한 3차원 표면 측정

Scanning phase-shifting moire interferometer

양재석, 이현호, 채규민, 박승한
연세대학교 물리학과
mung07@empal.com

모아레 무늬는 비슷한 주기를 갖는 여러 개의 패턴이 겹쳐질 때 맥놀이에 의해 발생하는 저주파의 고유한 무늬이다. 모아레 무늬를 이용한 물체형상 측정방법은 물체의 3차원 정보를 얻는 효과적인 방법 중 하나로서, 측정 장치에 따라 투영식(projection)과 그림자식(shadow) 모아레 간섭계로 나뉘어진다.⁽¹⁻³⁾ 이러한 측정 기술에 위상천이 방법을 적용하여 측정 정밀도를 향상 시킬 수 있으며,⁽⁴⁾ 위 두 방법에서 각각 격자의 이동을 통하여 위상천이를 발생시켜 위상천이 알고리즘을 적용시킬 수 있다.

본 연구에서는 기존의 2차원 검출기 배열의 카메라를 이용하는 방법과는 다른 1차원 검출기 배열을 이용하는 새로운 주사(scanning)방식의 모아레 측정 방법을 제안한다. 그림 1(a)과 1(b)는 각각 제안된 그림자식과 투영식 간섭계의 주사식 장치도를 보여주고 있다. 측정 방법에 따라 위상천이 방법이 다르므로 각각의 1차원 격자의 위치에서 위상천이가 발생하도록 격자를 위치하게 한다. 그림 2는 주사식 투영 방법 모아레 형상측정 장치에서 위상천이 원리를 설명하고 있다. 격자의 기울임 각도인 θ 와 θ' 는 다음과 같이 주어진다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{p}{4d \tan \alpha}\right), \quad \theta' = \sin^{-1}\left(\frac{p}{4d}\right)$$

여기서 p 는 격자 주기 간격이고, d 는 1차원격자의 간격이며, α 는 광원의 입사각도이다. 이와 같이 모아레 무늬의 위상 변화를 위하여 고정된 격자를 일정한 각도로 기울여서 설치하게 되면 1차원 영상감지소자 배열들에서 격자의 높이 위치에 따라 위상 변화된 무늬들을 얻을 수 있으며 이때 측정 물체를 움직임으로써 1차원 검출기 배열들에서 위상천이된 모아레 이미지들을 얻을 수 있다.

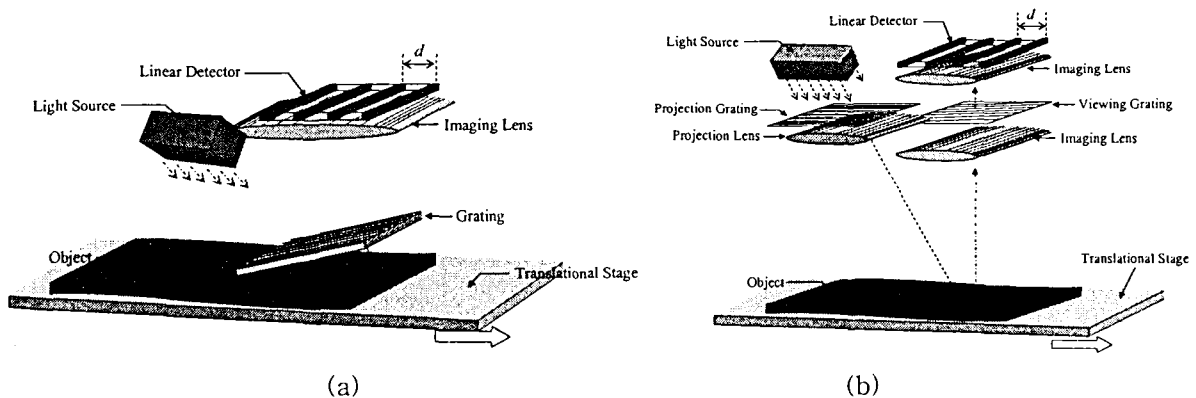


그림 1. 주사방식 모아레 형상측정 장치 (a) 그림자식, (b) 투영식

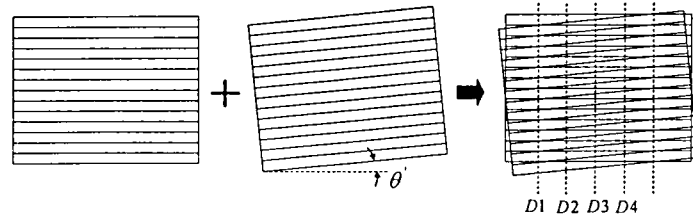


그림 2. 주사식 투영방법 모아레 형상측정 장치의 위상천이 개념도



그림 3. 주사식 그림자 모아레 장치로 측정된 결과: (a) 모아레 무늬, (b) 복원된 형상

그림 3은 본 연구에서 제안된 방법으로 측정된 결과이다. 측정방법은 주사식 그림자 모아레 방법을 사용하여 측정하였다. 4개의 1차원 검출기 배열을 사용하였으며, 그림 3(a)에서 나타나듯이 각각의 검출기 배열에서 위상천이된 모아레 무늬를 주사방식으로 얻을 수 있었다.

본 연구에서 기존의 2차원 격자를 이용한 방법에서 발생하는 측정영역의 제한을 넓힐 수 있으며, 또한 한번의 주사 측정으로 위상 천이된 모아레 무늬들을 함께 얻는 효과적인 새로운 주사식 위상천이 모아레 형상측정 방법을 제안하였다. 제안된 주사식(scanning) 방식의 측정법은 한번의 물체의 이동으로 위상천이된 2차원 모아레 간섭무늬를 얻을 수 있는 방법으로서, 특히 이동중인 물체의 측정이나 길이가 긴 물체의 측정에 매우 효과적인 방법이다. 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업 (M1-0203-00-0082) 지원을 받아 수행되었습니다.

1. D. M. Meadows, W. O. Johnson, J. B. Allen, "Generation of surface contours by moire patterns," Appl. Opt. 9, 942-947 (1970)
2. Hiroshi Takasaki, "MoireTopography," Appl. Opt. 12, 845-850 (1973)
3. Toru Yoshizawa, Teiyu Tomisawa, "Shadow moire topography by means of the phase-shift method," Opt. Eng. 32, 1668-1674 (1993)
4. J. E. Grievenkamp and J. H. Brunning, in Optical Shop Testing, D. Malacara, ed. (Wiley, New York, 1992).