

FFT방법을 이용한 게이지 블록 간섭무늬의 소수 차수 측정

Measurement of the fractional fringe order of gauge block interferograms by using FFT method

김 은 화, 강 주 식*, 김 중 태
 부경대학교 화상정보공학부, *한국표준과학연구원 길이그룹
 lue12@mail1.pknu.ac.kr

게이지 블록(gauge block)의 길이를 Twyman-Green형 간섭계를 사용하여 측정하는데, 게이지 블록 면과 게이지 블록이 밀착된 베이스 플레이트(base plate)면 사이의 거리 차에 의해, Fig. 2 와 같이 간섭 무늬에는 fringe의 어긋남이 발생하게 된다. 간섭무늬의 주기에 대해 간섭무늬가 어긋난 양의 비율이 간섭무늬의 소수 차수(fractional fringe order)에 해당하며, 여러 개의 파장에 대해 간섭무늬의 소수 차수를 측정하면, 합치법(exact fraction method)에 의해 게이지 블록의 길이가 구해지게 된다. 게이지 블록 간섭계를 사용하여 게이지 블록의 소수 차수를 측정하고자 할 때, 기존의 방법은 광학 췌기(optical wedge)를 움직이는 노브(knob)를 회전시키면서 광로정을 변화시켜, 게이지 블록면의 간섭무늬와 베이스 플레이트 면의 간섭무늬가 각각 기준 십자선에 위치 할 때의 노브의 눈금을 읽음으로써 소수 차수를 계산하였다. 그러나 이 방법은 사람의 눈으로 간섭무늬의 중심을 결정해야 하고 측정하는데 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. Tsai와 Bitou⁽¹⁾는 간섭무늬의 CCD image로부터 강도 곡선의 값을 구한 후 FFT를 사용하여 소수 차수를 구하였는데, 이 방법은 평행도가 좋지 않은 게이지 블록의 간섭무늬에는 적용하기 적당하지 않다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기존에 있던 방법을 보완하여 더욱 정확한 값의 fraction값을 측정하기 위해 FFT 방법을 적용하면서, 게이지 블록의 중앙 점 이외의 영향을 최소화 할 수 있는 방법을 사용하였다. 이 방법의 특징은 Tsai와 Bitou가 했던 것처럼 간섭무늬 image의 강도 곡선을 공간적으로 구하지 않고, 광학 췌기를 이동시키면서, 고정된 점에서의 강도 변화를 측정하여 사용한다는 점이다. 측정 장치의 개략도는 Fig.1 과 같다. 췌기를 일정 속도로 움직이게 하는 DC motor를 사용한다. 이 motor로 췌기를 구동되게 하면서, 게이지 블록의 중앙점과 이 점과 나란한 y축을 따라 베이스 플레이트위와 아래에서의 간섭무늬의 강도 변화를 CCD camera와 frame grabber를 통해 받아 들였다.

게이지 블록의 중앙점에서의 강도 변화를 i_{gb} , 베이스 플레이트의 위와 아래에서의 강도 변화를 각각 $i_{bp위}$, $i_{bp아래}$ 라고 하고 i_j ($j = bp위, gb, bp아래$)로 표시하면,

$$i_j(x) = a_j(x) + c_j(x) \exp(2\pi i f_0 x) + c_j^*(x) \exp(-2\pi i f_0 x), \quad c_j(x) = (1/2) b_j(x) \exp(i\pi(x))$$

와 같이 표현될 수 있으며 이를 FFT 시키면,

$$I_j(f) = A_j(f) + C_j(f - f_0) + C_j^*(f + f_0)$$

이 얻어진다. 이 중 $C_j(f - f_0)$ 만 취하여 원점으로 이동시키면,

$$\phi_j = \tan^{-1} [\text{Im}\{I_j(f_0)\} / \text{Re}\{I_j(f_0)\}]$$

로 ϕ_j 를 구할 수 있으며 간섭무늬의 소수 차수 F는 다음과 같다.

$$F = \phi_{gb} - (\phi_{bp위} + \phi_{bp아래}) / 2$$

Fig.3 은 3개의 측정점에서의 강도 변화 곡선을 나타냈으며, 이 데이터를 사용하여 FFT에 의해 구한 값의 power spectrum은 Fig.4 에 그렸다. 최종적으로 계산된 F의 값은 0.684 로, 이 값은 기존의 수동의 방법으로 측정한 F'의 값 0.681와 거의 일치하였으며, FFT를 이용한 방법은 반복 측정을 통한 안정도도 훨씬 높은 것으로 나타났다.

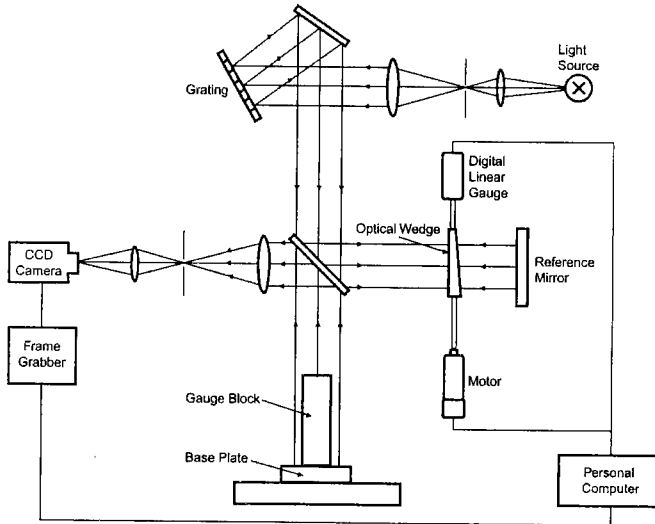


Fig.1 측정 장치의 계략도.

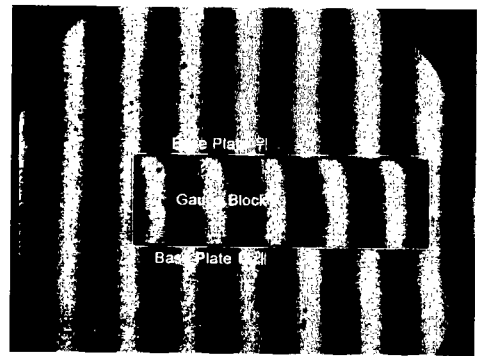


Fig.2 Image에서 게이지 블록 그리고 베이스 플레이트 위, 아래 pixels의 위치.

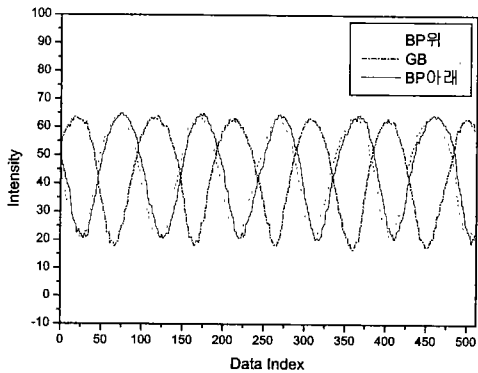


Fig.3 게이지 블록 그리고 베이스 플레이트위, 아래 pixels위치에서 받은 강도.

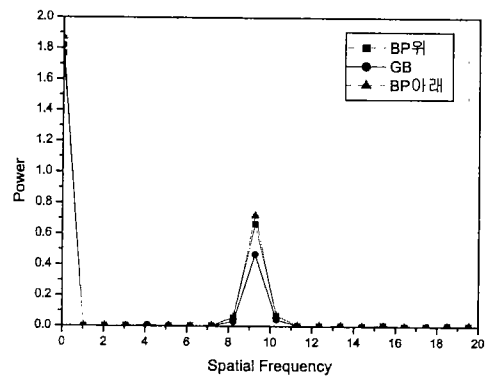


Fig.4 게이지 블록 그리고 베이스 플레이트위, 아래의 강도 데이터를 FFT 하여 얻은 graph.

· 참고 문헌

(1) Youichi Bitou, and Kauto Seta, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39, pp. 6084-6088 2000.