

## 안정화된 간섭계와 FFT 방식을 이용한 93 nm 두께 참조 계단 형상 측정

### Profile Measurement of Reference Step with 93 nm Thickness by Using Stabilized Interferometer and FFT Method

\*Liu Zhen, 김현수, 박종락, +김진태

\*조선대학교 일반대학원 광응용공학과, 조선대학교 공과대학 광기술공학과

\*Dept. of Applied Photonic Eng., Dept. of Photonic Eng., Chosun Univ.,

+kimjt@chosun.ac.kr

간섭 방식을 이용한 표면 측정 분석 방식에는 위상 이동 방법, FFT 방법, 다중 카메라 방식 등 다양한 방식이 적용되고 있다. 그러나 이러한 방법 중 위상 이동 방식은 3개 이상의 측정이 순차적으로 자동화 되어야 한다. 또한, 간섭계를 이용하여 표면 측정을 하기 위해선 외부 교란이 없는 환경이 요구된다. 이러한 교란을 제거하기 위하여 안정화 방법이 적용되고 있으나, 이러한 간섭계의 안정화 조건은 위상 이동을 위하여 간섭계의 참조팔이 이동 시 안정화 조건을 방해한다. 그러나 FFT 방식을 이용한 표면 측정 방법은 하나의 간섭 무늬만을 이용하여 간섭무늬를 해석하기 때문에 위해사와 같은 위상이동에 따른 안정화 조건을 방해 할 필요가 없다. 또한, 이러한 FFT 방식에서 주로 측정이 외부 교란 시간에 비해 측정 시간을 짧게 함으로서 이러한 교란에도 불구하고 FFT 방식을 적용하면 외부 교란을 피해 갈수 있어 안정화 방식을 적용하지 않았다. 그러나, 본 실험에서는 이러한 외부 교란이 측정에 영향을 줄 수 있는 매우 심한 외부 교란을 인위적으로 하여 표면 측정이 불가능한 경우에 안정화 방식과 FFT 방식을 결부하여 ~93 nm 단차 표면(VLSI 회사: 모델 SHS-880 QC)을 가지는 샘플을 사용하여 측정하였다.

실험도를 간단하게 설명하면 트위만-그린 간섭계를 그림1에 보인바와 같이 사용하였으며 안정화를 위해 고속 포토다이오드에 입사된 간섭무늬로부터 신호를 이용하여 측정 샘플을 기울임에 의해 생긴 간섭무늬의 한점에 위상을 고정하고 고정값으로부터 벗어난 신호 값을 제어를 위한 궤환 오차 신호로 사용하여 PID 회로를 사용하여 궤환 시킴으로서 간섭계를 안정화 할 수 있었다.

얻어진 간섭무늬는 시험경을 기울임에 의해 생성된 주 공간주파수와 측정하고자 하는 단차 표면에 기인한 간섭무늬로 나타난다. 이러한 간섭무늬를 해석하기 위해 Takeda 등에 의해 개발된 다음에 설명될 고속 푸리에 변환 방식을 사용하였다. 적용된 FFT 방법을 간단히 소개하면 다음과 같다. Takeda 등이 고안한 FFT 표면 추출 방식은 방정식 (1)을 지수 함수로 다음과 같이 변화 시킨다.

$$f(x, y) = a(x, y) + c(x, y) \exp(i2\pi u_0 x) + c^*(x, y) \exp(-i2\pi u_0 x) \quad (2)$$

여기서  $c(x, y) = \frac{1}{2} b(x, y) \exp[-i\varphi(x, y)]$  이고 별표는 복소수 공액을 나타낸다.

위식을 푸리에 변환을 하면 다음식이 된다.

$$F(u, y) = A(u, y) + C(u - u_0, y) + C^*(u + u_0, y) \quad (3)$$

$A(u, y), C(u-u_0, y), C^*(u+u_0, y)$ 는 각각  $f(x, y)$ 의 푸리에 변환값의 배경,  $u_0$ 에 중심을 성분,  $-u_0$ 에 중심을 둔 공간 주파수 성분들이다.  $a(x, y), b(x, y), \phi(x, y)$ 의 공간 변위는 공간 캐리어 주파수  $u_0$ 에 비해 느리기 때문에 캐리어 주파수  $u_0$ 와는 서로 분리 가능하다. 여기서  $A(u, y)$ 는 저주파수 배경 조명에 기인한다.  $C^*(u+u_0, y)$ 와  $A(u, y)$ 는 대역 필터링에 의해 제거 한 후  $C(u-u_0, y)$ 를 원점으로  $u_0$ 만큼 이동시키면  $C(u)$ 를 얻을 수 있다.  $u_0$ 에 대한  $C(u, y)$ 의 역 FFT를 수행하면  $c(x, y) = \frac{1}{2} b(x) (-i\phi(x, y))$ 가 얻어진다. 이 방정식으로부터 위상  $\phi(x)$ 가 다음과 같이 얻어진다.

$$\tan \phi(x, y) = \frac{\text{Im}(c(x, y))}{\text{Re}(c(x, y))} \quad (4)$$

위 방정식에 의해 계산된 위상은  $-\pi$ 와  $\pi$  사이의 값을 가지게 된다. 연속 위상  $\phi(x)$ 를 얻기 위해 결편침 작업을 통해 연속 위상을 얻을 수 있다. 얻어진 연속 위상과 각 점의 높이는 다음과 같이 표현된다.

$$h(x, y) = \frac{\lambda}{4\pi} \phi(x, y) \quad (5)$$

위에서 설명한 표면 구현 방식을 적용하여 얻은 참조 계단의 외부 교란을 안정화 하기 전 후의 형상의 결과가 그림2에 보여진다. 여기에서 보는 바와 같이 외부 교란에 기인한 안정화 전의 안정화 후의 결과는 확연한 차이를 보여주고 있으며 안정화 된 경우는 확연한 계단 형상이 재현되나, 안정화 전에는 형상을 재현 할 수 없음을 알 수가 있다. 얻어진 표면 측정 결과가 상업용 미라우 간섭 방식과 진동 테이블상에서 얻어진 결과와 샘플의 시험서에 얻어진 결과들과 표1에서 보여진바와 같이 잘 일치함을 알 수 있다.

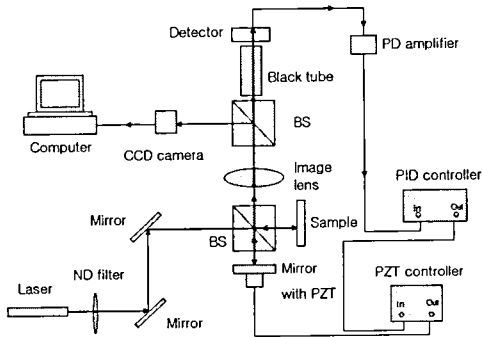


그림 1 실험도

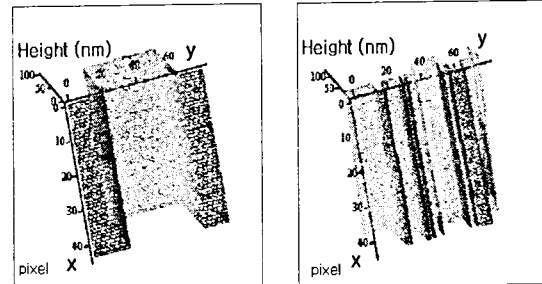


그림 2 안정화 후/전 측정된 참조 형상

	Height
Measured height value by our system	93.1±1.2 nm
Calibrated height value measured by VLSI standards incorporated	93.2±1.4 nm
Measured height value by commercial ACCURA 2000 system	93.0 nm

표 1 측정된 계단의 높이 비교