

두 파장 백색광 간섭계를 이용한 금속물질의 단차 측정

박민철 · 김승우¹

한국과학기술원 기계공학과

(305-701) 대전광역시 유성구 구성동 373-1번지

(2000년 7월 18일 받음, 2000년 9월 14일 수정본 받음)

본 논문에서는 두 파장 백색광 간섭법을 이용하여 금속물질의 단차 측정 시 발생하는 오차를 최소화하는 새로운 자가 보정법을 제안한다. 금속 물질의 파장에 대한 위상 변화율은 백색광 간섭무늬의 가시도 정점에 오차로 작용하는데, 자가 보정법은 위상 변화율을 일차 직선으로 가정하고 이를 추출하여 단차 값에 보상한다. 본 자가 보정법은 두 파장 백색광 간섭무늬가 갖는 두 개의 위상 정점과 한 개의 가시도 정점으로부터 위상 변화율 오차를 추출하므로, 별도의 실험이 필요하지 않다. 실험을 통하여 두 개의 금속 물질로 이루어진 단차를 ± 2 nm 이내의 오차로 측정함을 보인다.

OCIS codes : 120.3180, 120.5050, 120.5700, 120.6650.

I. 서 론

백색광주사간섭계는 백색광의 넓은 주파수 영역으로 인한 짧은 기간섭거리를 활용하여 미세표면의 삼차원 형상측정에 널리 응용되고 있다. 형상측정의 기본원리는 측정표면 또는 기준거울의 위치를 광축 방향으로 정밀 이송하면서, 이때 얻어진 간섭무늬의 정점을 검출함으로써 이루어진다. 단색의 레이저 광원과 비교하여 백색광의 기간섭거리는 수 μm 범위로 한정되며, 가시도의 최대정점의 위치가 분명하여 측정표면의 절대위상의 산출시 2π -모호성(ambiguity)의 문제점이 없다. 또한 중간 광학계로부터의 불필요한 회절에 의한 잠간섭(stray diffraction)이 제거된 측정표면과 기준거울만의 우수한 간섭무늬를 얻을 수 있다. 이러한 백색광주사간섭계는 최근의 마이크로컴퓨터의 연산능력의 급진적인 향상과 더불어 초정밀 표면의 검사를 요구하는 산업적 수요의 확대에 대응하여 널리 연구되고 있다.

그러나, 일반적인 표면 형상 측정기로서의 역할을 위해 백색광주사간섭계가 해결해야 할 문제들이 매우 많은데, 그 중 하나가 금속물질의 반사시 유발되는 위상변화이다. 물체의 반사된 위상을 측정하여 형상을 재생하는 광위상간섭계(Phase Shifting Interferometry)에서는 두개 이상의 금속물질로 이루어진 단차 측정의 경우, 10~50 nm의 측정오차가 유발된다. 이의 보상법은 다양한 방법으로 진행되어 왔지만,^[1-4] 이들 방법들은 모두 단색광을 사용하고, 일반적인 형상측정에 적용이 힘든 실험장치가 필요한 단점이 있다. 조명광이 넓은 파장 대역을 갖는 백색광주사간섭계에서는 위상변화가 파장에 따른 복잡한 특성을 갖기 때문에 아직 그 연구가 미미한 편이다. 본 논문에서는 백색광주사간섭계에 금속물질의 위상변화가 미치는 영향을 증명하고, 이를 이용하여 2개의 서로 다른 금속물질로 이루어진 단차의 측정법을 제안한다.

II. 위상변화에 의한 백색광 간섭무늬 정점의 이동

백색광주사간섭은 마이컬슨(Micheolson), 미라우(Mirau), 리닉(Linnik) 등 여러 형태의 간섭광학계를 통해 구현될 수 있다. 본 논문에서는 광학계의 개구수(NA)값이 작은 경우에 주로 적용되는 마이컬슨 간섭계를 통해 두개의 서로 다른 금속물질로 이루어진 단차의 측정법을 설명한다. 개구수(NA)값이 무시할 수 있는 정도로 작은 값을 갖고, 측정대상물의 높이를 z_0 라 하면, 주사거리 z 에 대한 간섭무늬의 광강도 변화는 다음과 같은 적분식으로 표현된다.^[5]

$$I(z) = I_0 \int_{k_0 - \Delta k/2}^{k_0 + \Delta k/2} [1 + \gamma(k) \cos(2k(z - z_0) + \phi(k))] F(k) dk \quad (1)$$

식 (1)에서 $\gamma(k)$ 는 반사도, $\phi(k)$ 는 금속물질의 반사시 발생하는 위상 변화, $F(k)$ 는 광원의 스펙트럼, k_0 는 광원의 중심 파장, 그리고, Δk 는 사용하는 백색광 조명의 주파수 대역이다. 위상 변화 $\phi(k)$ 는 프레넬 방정식에 의해 유도되는데, 측정 대상물에 대한 수직 입사를 가정하면 이에 의한 반사도는 다음과 같다.^[2]

$$\gamma = \frac{n_i - n_t}{n_i + n_t} \quad (2)$$

식 (2)에서 n_i , n_t 는 각각 입사 물질의 굴절율, 반사 물질의 굴절율이고, 일반적으로 입사 물질은 공기로서 $n_i = 1$, 반사 물질을 금속이라 하면 $n_t = n - ik$ 로 표현된다. 이 관계로부터 위상변화 ϕ 는 다음과 같이 결정된다.

$$\tan \phi = \frac{2\kappa}{n^2 + \kappa^2 - 1} \quad (3)$$

식 (3)의 위상변화를 고려한 식 (1)을 적분하면, 다음과 같은 일반적인 백색광 간섭무늬 식을 획득한다.

$$I(z) = g(z - z_m) \cos(2k_0(z - z_m) + \phi_m) \quad (4)$$

¹E-mail: swk@kaist.ac.kr

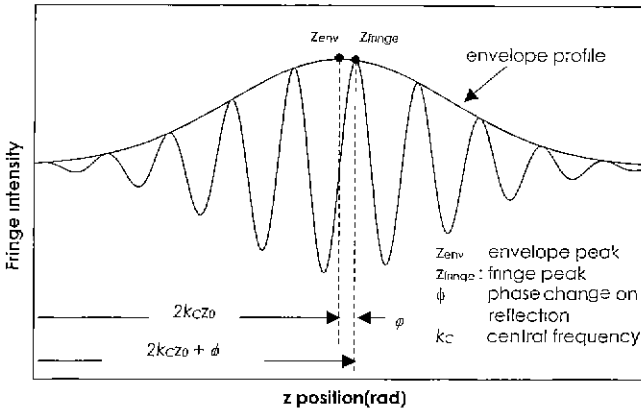


그림 1. 백색광 간섭무늬의 위상 정점과 가시도 정점

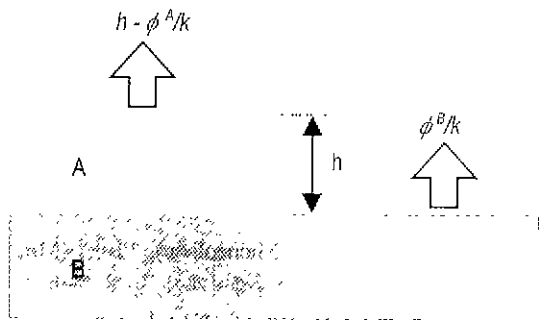


그림 2. 단색광 간섭법에서 금속 A와 금속 B로 이루어진 단차 h의 측정.

식 (4)에서 배경광 성분 I_0 는 식의 간단한 표현을 위해 생략하였고, $g(z - z_m)$ 은 가시도 함수(Envelope Function), ϕ_m 은 위상 변화의 백색광 파장 영역에 대한 평균값이다. 식 (4)를 기반으로 재생된 백색광 간섭무늬는 그림 1과 같고, 측정영역 전체에 발생한 간섭무늬의 정점을 각각 검출함으로써 측정대상물의 3차원 형상을 복원할 수 있다. 한편, 백색광 간섭무늬의 정점은 그림 1과 같이 가시도 함수의 최고점인 가시도 정점(Envelope Peak)과 간섭무늬가 최대값을 갖는 위상 정점(Fringe Peak)으로 나뉘는데,^[6] 두 정점은 $z_{env} = z_m$, $z_{fringe} = z_m - \phi_m/2k_0$ 으로 각각 표현된다. 위상 정점은 기존의 광위상 간섭법에 의한 측정방법과 같은 계산법으로, 그림 2와 같은 서로 다른 금속 A, B로 이루어진 단차 h를 측정할 경우, $(\phi^B - \phi^A)/2k_0$ 의 측정오차를 갖는다. 위상정점의 오차는 측정 대상물질의 특성을 파악한 후 광학 핸드북의 데이터를 이용하여 위상 변화를 계산하거나, 기존의 실험방법^[2] 등을 통하여 측정하는데, 이러한 방법들은 지나치게 많은 계산량이 필요하거나, 실제 측정 대상물의 적용에 어려움이 있다. 반면, 가시도 정점의 경우 조명이 단색광이고, 높은 개구수 값을 갖는 광학계에 대해서만 위상변화의 오차에 대한 연구가 진행되어 왔는데,^[1,3,4] 조명이 백색광인 경우에는 위상변화가 파장에 따른 복잡한 특성을 갖기 때문에 아직 그 연구가 미미한 편이다.

가시도 정점은 광원의 스펙트럼, 측정대상물의 반사도 및 위상변화, 광학계의 개구수값에 크게 의존하는 것으로 알려져 있

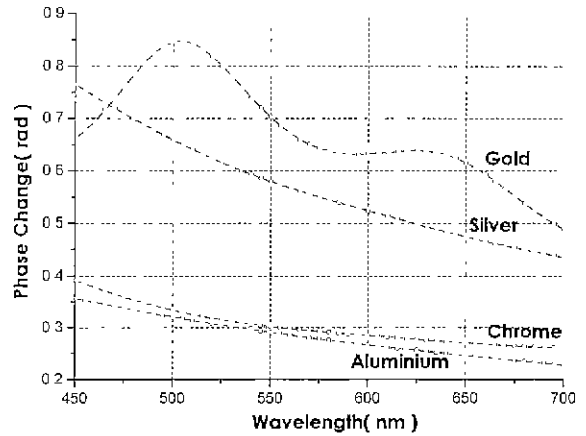


그림 3. 파장에 따른 금속표면으로부터 반사된 광의 위상변화.

다. 위상 변화가 백색광간섭무늬의 가시도 정점에 미치는 영향을 알아보기 위해, 광학계의 개구수가 매우 작다고 가정한 식 (1)의 백색광 간섭무늬 생성식에서 간섭항을 식 (5)와 같이 $\Phi(k)$ 로 정의한다.

$$\Phi(k) = \phi(k) + 2k(\tau - \tau_0) \tag{5}$$

$\phi(k)$ 는 측정 대상물의 위상 변화를 파장별로 표현한 것으로, 만일 $\phi(k)$ 가 상수라면 가시도 정점 z_{env} 는 물체의 위치 z_0 와 같게 된다. 하지만, 위상 변화 $\phi(k)$ 는 파장에 대해 많은 변화를 갖고, 대표적인 금속들의 k에 대한 변화는 그림 3과 같다.^[7] 그림 3에서 위상변화 $\phi(k)$ 는 가시광선 영역에서 급격한 변화 없이 선형적으로 나타남을 확인할 수 있는데, 이러한 특징으로부터 위상 변화 $\phi(k)$ 를 식 (6)과 같이 가정할 수 있다.

$$\phi(k) \equiv \phi(k_0) + (k - k_0) \frac{d\phi}{dk} \tag{6}$$

식 (6)을 식 (5)에 대입하면, 다음과 같은 결과가 유도된다.

$$\Phi(k) \equiv \phi(k_0) - k_0 \frac{d\phi}{dk} + 2k \left(\tau - \left(z_0 - \frac{1}{2} \frac{d\phi}{dk} \right) \right). \tag{7}$$

식 (7)로 유도된 간섭항 $\Phi(k)$ 와 광원의 스펙트럼 분포 $F(k)$, 반사도 $\gamma(k)$ 가 급격히 변하지 않는다는 가정 아래 식 (1)에 의한 백색광 간섭무늬는 식 (4)로 일반화되어 표현된다. 하지만, 식 (8)의 간섭항 $\Phi(k)$ 에서 확인되듯이, 물체의 위치 z_0 는 위상 변화의 k에 대한 기울기 성분 $0.5d\phi/dk$ 만큼 이동되는데, 이로부터 가시도 정점 z_m 은 식 (8)과 같이 물체의 위치 z_0 에서 위상 변화를 z_ϕ 만큼 이동한 값을 갖는다.

$$z_m = z_0 - \frac{1}{2} \frac{d\phi}{dk} = z_0 - z_\phi \tag{8}$$

결국, 이동 값 z_ϕ 는 가시도 정점의 오차로 작용하는데, 이에 의해 서로 다른 두개의 금속 A, B로 이루어진 단차 h를 가시도 정점을 이용하여 측정할 경우, $(d\phi^A/dk - d\phi^B/dk)/2$ 의 오차가 발생한다.

III. 두파장 백색광주시간섭계를 이용한 금속 단차의 측정

본 장에서는 이상에서 설명한 위상변화율에 의한 가시도 정점의 오차를 보상하는 자가 보정법을 제안하고, 이를 실제 측정에 적용한 결과를 보인다. 단차 h 측정에 발생하는 가시도 정점의 측정 오차 $(d\phi^A/dk - d\phi^B/dk)/2$ 는 그림 4(a)와 같은 물리적 의미를 갖는다. 단차를 이루는 금속 A, B의 k 에 대한 위상변화를 그림 4(a)와 같이 가정하면, 이때 발생하는 측정 오차는 두 금속의 위상변화의 기울기 차이값에 기인함을 확인할 수 있다. 결국, 이 값을 측정하여 보상하면 정확한 단차의 측정이 가능해진다.

위상변화율 차이값의 측정 및 보정은 그림 4(b)와 같이 백색광 광원의 주파수폭으로부터 최소주파수 k_1 과 최대주파수 k_2 를 설정함으로써 시작된다. 두 주파수는 $k_1 < k_2$ 의 관계를 갖고, 본 논문에서 정의하는 주파수 k 는 파수(Wavenumber)로서, $k = 2\pi/\lambda$ 의 관계를 갖는다. 보정의 첫 번째 단계로, 두 주파수 k_1, k_2 에서 단색광 간섭법으로 금속단차를 측정하는데, 측정 결과는 다음과 같이 표현된다.

$$h_1 = h - \frac{\phi_1^A - \phi_1^B}{k_1}, h_2 = h - \frac{\phi_2^A - \phi_2^B}{k_2} \quad (9)$$

식 (9)의 위 첨자 A, B는 각각 금속 물질 A, B에서 발생한 위상 변화값을 나타낸다. 아울러, 1과 2의 아래 첨자는 광원의 스펙트럼 주파수 k_1, k_2 에서의 측정 결과임을 뜻한다. 위상 변화 $\phi_1^A, \phi_1^B, \phi_2^A$, 그리고, ϕ_2^B 는 알 수 없는 값이므로, 단색광 간섭법에 의한 측정값 h_1 과 h_2 는 실제 단차 h 에 대하여 서로 다른 결과를 갖는다.

보정의 두 번째 단계로, 단색광 필터를 제거한 뒤 백색광 주사 간섭법의 가시도 정점을 이용하여 단차를 측정하는데, 이때 측정결과를 H 로 표현한다. 측정 결과 H 의 해석을 위해, 식 (8)에서 정의된 가시도 정점의 오차값 z_ϕ 를 다음과 같이 간략화 한다.

$$z_\phi \equiv \frac{1}{2} \frac{d\phi}{dk} \equiv \frac{1}{2} \frac{\phi_2 - \phi_1}{k_2 - k_1} \quad (10)$$

식 (10)으로 가정한 위상변화율 오차 z_ϕ 를 이용하면, 가시도 정점 z_m 을 이용한 두 물질 A, B의 측정 단차 H 는 다음과 같이 표현된다.

$$H = h - \frac{1}{2} \frac{(\phi_2^A - \phi_1^A) - (\phi_2^B - \phi_1^B)}{k_2 - k_1} \quad (11)$$

위상변화를 보상법의 주 아이디어는 식 (11)에서 표현된 가시도 정점의 오차 항을 단색광 간섭법에서 획득한 단차 값 h_1, h_2 를 이용하여 보상하는 것이다. 이를 위하여 식 (9)의 단차 값을 다음과 같이 Δh 로 변형시킨다.

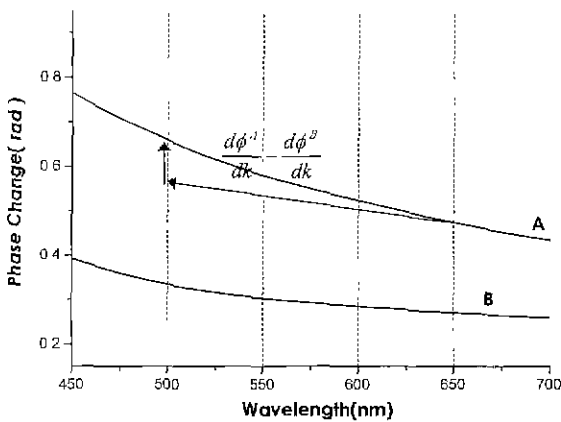
$$\Delta h = h_2 - h_1 \equiv -\frac{1}{k} [(\phi_2^A - \phi_1^A) - (\phi_2^B - \phi_1^B)] \quad (12)$$

식 (12)에서 표현의 간결성을 위해 k_1 과 k_2 는 광원의 중심 주파수 k_c 로 치환하였고, 이 가정에 의한 오차는 크지 않으므로 알려져 있다. 식 (12)의 표현을 식 (11)에 대입하면 다음과 같은 최종 단차 계산식이 유도된다.

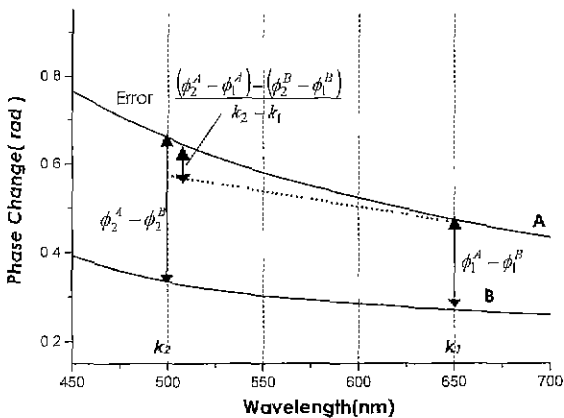
$$h = H - \frac{1}{2} \frac{k_c (h_2 - h_1)}{k_2 - k_1} \quad (13)$$

식 (13)으로부터 2개의 단색광 간섭법에 의한 측정결과 h_1, h_2 와 백색광 주사간섭계의 가시도 정점을 이용한 측정결과 H 를 이용하면 금속단차 h 의 정확한 측정이 가능해짐을 확인할 수 있다. 이는 그림 4(b)와 같이 두개의 주파수 k_1, k_2 에서 측정된 단차의 오차 $(\phi_1^A - \phi_1^B)/k_1, (\phi_2^A - \phi_2^B)/k_2$ 를 이용하여 위상 변화율 차이값 $-1/2(d\phi^A/dk - d\phi^B/dk)$ 를 계산한 것으로 쉽게 풀이된다. 하지만, 이상에서 설명한 단색광 간섭법을 이용한 보정법은 총 3번의 각기 다른 측정이 필요해 측정작업 자체가 복잡해지고, 이는 외부 환경 변화에 의해 측정 오차가 발생할 수 있는 요인이 된다. 이러한 오차요인을 해소하기 위해 다음과 같은 두파장 백색광 간섭법에 의한 자가 보정법을 제안한다.

그림 1에서 백색광 간섭무늬가 갖는 두개의 정점 중 위상정



(a) 임의의 두 금속 A, B에 의한 위상변화율 오차: $\frac{d\phi^A}{dk} - \frac{d\phi^B}{dk}$



(b) 단색광 간섭법의 측정 오차를 이용한 위상변화율 오차의 개선 ($k_1 = 2\pi/\lambda_1, k_2 = 2\pi/\lambda_2$)

그림 4. 가시도 정점에 의한 오차 $z_\phi (= \frac{1}{2} \frac{d\phi}{dk})$ 의 해석.

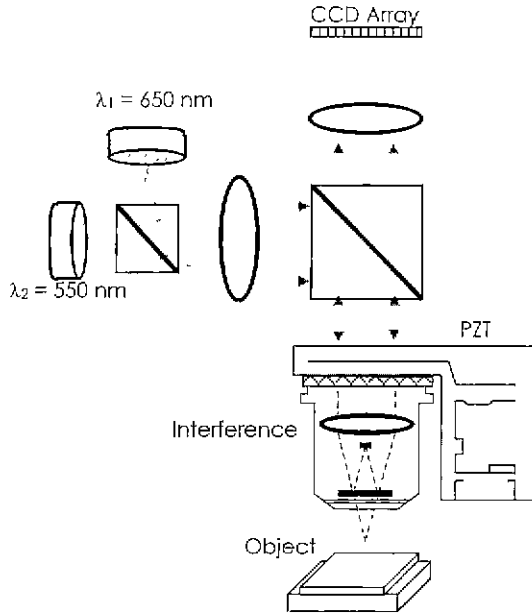


그림 5. 두파장 백색광 간섭계.

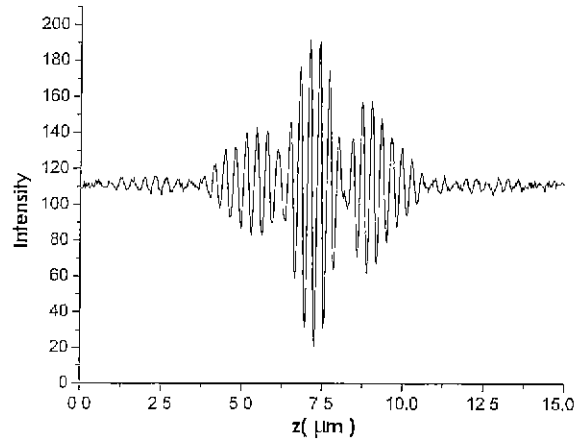
점(Fringe Peak)은 단색광 간섭법에서의 같이 측정위상을 이용한 계산법임을 이미 설명하였다. 만일, 백색광 간섭무늬가 특정 주파수 k_1, k_2 에서 위상정점을 각각 갖는다면, 이를 이용하여 식 (13)에 필요한 단색광에서의 단차 h_1, h_2 를 대체할 수 있음을 유추할 수 있다. 결국, 하나의 백색광 간섭무늬로부터 2개의 위상정점과 1개의 가시도 정점을 추출하면, 식 (13)으로부터 정확한 금속 단차 h 의 측정이 가능해진다. 일반적인 백색광 광원에서 획득되는 간섭무늬는 1개의 위상정점만을 가지므로, 2개의 위상정점을 획득하기 위해서는 중심 파장이 다른 두개의 백색광 광원을 이용해야 한다. 이를 위해 그림 5와 같이 두개의 광원을 이용한 두파장 백색광 간섭법을 적용한다.

백색광 간섭무늬의 위상정점을 계산하는 방법은 기존의 여러 알고리즘^[8-12]에 의해 소개되었다. 대부분의 알고리즘은 그림 1과 같이 공간상에서 위상정점을 검출해 내는 방법을 사용하는데, 이 방법들로부터 두개의 위상정점을 추출하는 것은 매우 복잡하다 하지만, Groot^[13]가 제안한 주파수 영역 해석법(Frequency Domain Analysis)은 획득한 간섭무늬를 푸리에변환(Fourier Transform)하여 각 주파수에서의 위상을 계산함으로써 이러한 문제를 해결한다. 획득한 백색광 간섭무늬 $I(z)$ 를 $J(k) = FFT[I(z)]$ 로 푸리에 변환하면 주파수 영역에서의 위상은 다음과 같은 관계를 갖는다.

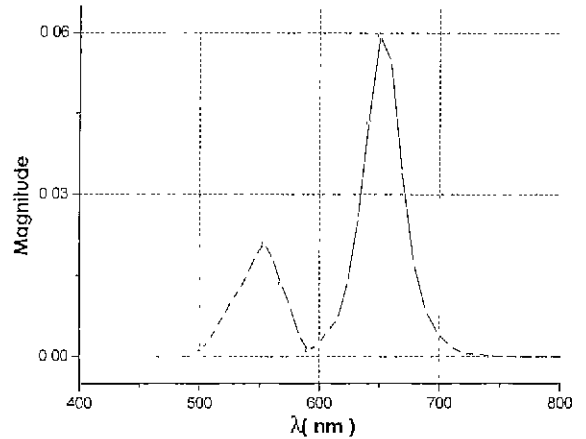
$$\angle J(k) = \phi(k) - 2(k - k_0)z_m \quad (14)$$

식 (14)로부터 가시도 정점 z_m 은 주파수 k 에 대한 기울기 값과 같고, 임의로 설정한 주파수 k_1, k_2 에서 위상 변화값 ϕ_1, ϕ_2 를 계산할 수 있음을 확인할 수 있다. 결국, 두파장 백색광 간섭무늬에 주파수 영역 해석법을 적용하면, 단 한번의 측정으로 h_1, h_2, H, h 를 모두 계산해낸다.

그림 5는 두파장 백색광 간섭법의 실험장치로서, 선폭이 $\Delta\lambda = 70 \text{ nm}$ 로 같고, 중심파장이 $\lambda_1 = 650 \text{ nm}, \lambda_2 = 550 \text{ nm}$ 로



(a) 두파장 백색광 간섭무늬 $I(z)$



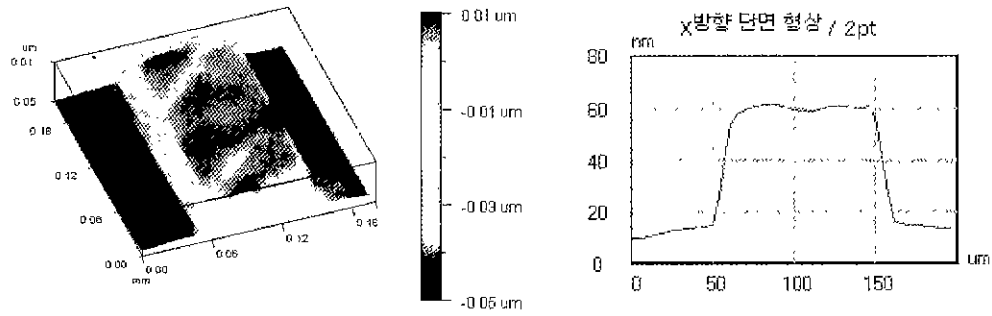
(b) 두파장 백색광 간섭무늬의 주파수 변환 $J(k) = FFT[I(z)]$

그림 6. 두파장 백색광 간섭무늬의 해석.

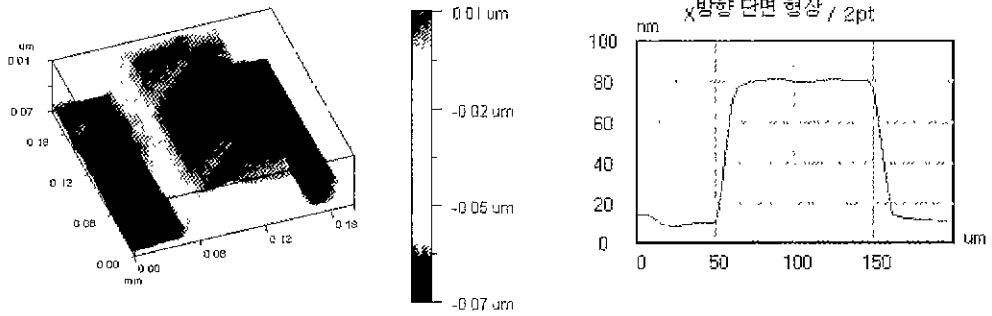
다른 두개의 조명을 동시에 가하였다. 이로부터 생성된 백색광 간섭무늬는 그림 6(a)로서, 이를 푸리에 변환하여 획득한 스펙트럼은 그림 6(b)와 같다. 그림에서 간섭무늬의 스펙트럼은 2개의 정점을 갖는 것으로 나뉘고, 정점은 각각 $\lambda_1 = 650 \text{ nm}, \lambda_2 = 550 \text{ nm}$ 의 위치에 있음을 확인할 수 있다. 파장 λ 는 $\lambda = 2\pi k$ 의 관계를 갖으므로, 그림 6(b)의 스펙트럼은 주파수 k 에 대하여 다시 도시 될 수 있다. 이상에서 획득한 스펙트럼의 위상 $\angle J(k)$ 는 식 (14)와 같은 관계를 갖으므로,

표 1. 두파장 백색광 간섭법에 의한 단차 측정 결과. h_1, h_2 : 위상정점에 의한 측정 결과($\lambda_1 = 650 \text{ nm}, \lambda_2 = 550 \text{ nm}$), H : 가시도 정점에 의한 측정결과, h : 보상결과

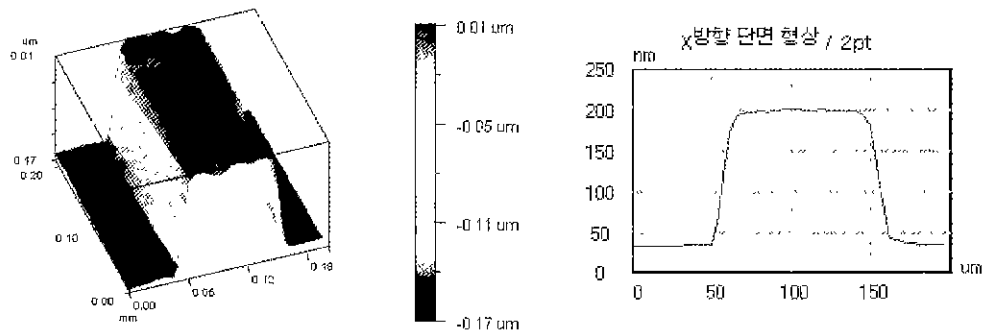
	h_1 (nm)	h_2 (nm)	H (nm)	h (nm)
94 nm Step Height (VLSI Co)	45.5	68.2	162.9	95.3
76 nm Step Height (Chrome doped on Glass Substrate)	50.3	46.7	61.0	71.9
67 nm Step Height (Gold doped on Glass Substrate)	39.1	31.1	36.6	60.4



(a) 위상 정점 계산 결과, $\lambda_1=650\text{nm}$, $h_1=45.5\text{nm}$



(b) 위상 정점 계산 결과, $\lambda_1=550\text{nm}$, $h_1=68.2\text{nm}$



(c) 가시도 정점 계산 결과, $H=162.9\text{nm}$

그림 7. 두파장 백색광 간섭계를 이용한 94 nm VLSI 표준 단차 시편의 자가 보상 결과 $h=95.3\text{ nm}$.

$\angle J(k)$ 의 k 에 대한 기울기 값으로부터 가시도 정점 z_{min} 을 획득한다. 위상 정점 역시 스펙트럼에서 계산되는데, 실험에 사용하는 두 주파수 $k_1(=2\pi/\lambda_1)$, $k_2(=2\pi/\lambda_2)$ 에서 $\angle J(k_1)$, $\angle J(k_2)$ 를 각각 계산하여 $\phi(k_1)$, $\phi(k_2)$ 를 추출해낸다.

표 1은 두파장 백색광 간섭법을 이용한 금속 단차의 측정 결과이다. 실험에 사용한 금속 단차는 VLSI Co.에서 제작하고 NIST에서 단차값을 보증한 94.0 nm 표준 단차 시편과 유리면에 도포된 크롬과 금의 단차 시편이다. 크롬과 금의 단차는 접촉식 측정기인 α -step으로 각각 76.0 nm와 67.0 nm의 값을 갖는 것으로 확인하였다. 두파장 간섭무늬로부터 획득한 가시도 정점과 2개의 위상 정점을 이용한 측정 단차 H , h_1 , h_2 는 표 1과 같이 나열되고, 이로부터 자가 보상된 측정 단차 값 h 는 각각 95.3 nm, 71.9 nm, 60.4 nm로 계산된다. 측정 오차는 차례로 1.3 nm, 4.1 nm, 6.4 nm의 값을 갖고, 특히 두 개의 서로 다른 금속으로 이루어진 94.0 nm의 표준시편 단차는 1.3 nm의 작은 오차 값을 보인다. 표준 시편 단차의 측정

결과는 그림 7로 도시된다. 유리면에 도포된 금속 단차의 오차가 비교적 크게 나타나는 것은, 유리면이 금속면에 비하여 상대적으로 반사도가 낮아 외란의 영향을 크게 받았기 때문이다. 이외의 측정 오차 요인은 $\Delta\lambda=100\text{ nm}$ 의 측정 대역 내에서 위상변화가 갖는 비선형성을 들 수 있는데, 이에 의한 오차를 줄이기 위해서는 두 파장에 의한 측정대역을 줄이거나, 측정 파장의 위치를 조절하는 실험이 필요하다. 이상의 실험 결과로부터 금속 단차의 측정에 대해 기존의 광위상 간섭법이 갖는 수십 nm의 측정오차를 본 논문에서 제안한 두파장 백색광 간섭법은 수 nm 수준으로 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

두 파장 백색광 간섭법을 이용하여 금속 물질의 단차 측정 시 발생하는 오차를 보정하는 자가 보정법을 제안하였다. 기존의 광위상 간섭법에서 금속 물질의 위상 변화는 물질에 따

라 10~40 nm의 측정 오차를 유발한다. 본 논문에서는 먼저, 위상 변화의 오차가 백색광 간섭무늬의 위상 정점과 가시도 정점에 미치는 영향을 해석적으로 증명하였다. 금속 물질의 파장에 대한 위상 변화율은 가시도 정점에 오차로 작용하는데, 본 논문의 자가 보정법은 위상 변화율을 일차 직선으로 가정하고 이를 추출하여 단차 값에 보상하는 방법이다. 아울러, 자가 보정법은 두 파장 백색광 간섭무늬가 갖는 두 개의 위상 정점과 한 개의 가시도 정점으로부터 위상 변화율 오차를 추출하므로, 별도의 실험이 필요하지 않는 장점을 갖는다. 실험에 의해 두 개의 금속 물질로 이루어진 단차를 ± 2 nm 이내의 오차로 측정함을 보였다.

참고문헌

[1] J. F. Biegen, *Opt. Lett.* **19**, 1690 (1994).

[2] T. Doi, K. Toyoda, and Y. Tanimura. *App. Opt.* **36**, 7157 (1997).
 [3] R. D. Holmes, C. W. See, and M. G. Somekh, *App. Opt.* **35**, 6663 (1996).
 [4] G. D. Feke, D. P. Snow, R. D. Grober, P. J. Groot, and L. Deck, *App. Opt.* **37**, 1796 (1998).
 [5] G. Kino and S. Chim, *App. Opt.* **29**(26), 3775-3783 (1990).
 [6] K. Creath, *Proc. Fringe '97*, Academic Verlag, 52 (1997).
 [7] E. D. Palik, *Handbook of Optical Constants of Solids Vol I*, Academic Press (1985).
 [8] P. Caber, *App. Opt.* **32**, 3438 (1993).
 [9] K. Larkin, *J. Opt. Soc. America A* **13**, 832 (1996).
 [10] P. Sandoz, R. Devillers, and A. Plata, *J. Mod. Opt.* **44**, 519 (1997).
 [11] P. Sandoz, *Opt. Lett.* **22**, 1065 (1997).
 [12] M. C. Park and S. W. Kim, *Opt. Eng.* **39**, 952 (2000).
 [13] P. Groot and L. Deck, *Opt. Lett.* **18**, 1462 (1993).

Self-compensation of the phase change upon reflection in two-wavelength white light interferometry for step height measurement

Min-Cheol Park and Seung-Woo Kim¹

Dept. of Mechanical Engineering, KAIST, Taejeon 305-701, KOREA

¹*E-mail: swk@kaist.ac.kr*

(Received July 18, 2000, Revised manuscript received September 14, 2000)

We present a compensation method of the phase change upon reflection in the scanning white light interferometry, which practically allows precise 3-D profile mapping for composite target surfaces comprising of multiple dissimilar materials. The compensation method estimates the variation of phase change with the spectral distribution of the light source through first-order approximation, and then directly compensates the measurement errors by performing two-wavelength white light interferometric measurements. Experimental results prove that the proposed self-compensation method is capable of reducing the measurement error in step height gauging within ± 2 nm.

OCIS codes : 120.3180, 120.5050, 120.5700, 120.6650.