

광산란 표면형상 측정을 위한 위성 항법 시스템 응용

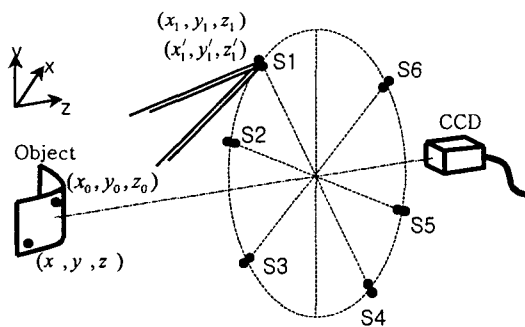
GPS Methods for 3-D Profile Measurement of Light Scattering Surface

김병창*, 김승우

한국과학기술원 기계공학과

spiggy@kaist.ac.kr*

산업계에서의 다양한 제품 개발로 인해 새로운 형상 측정기술이 요구된다. 칩패키지와 실리콘 웨이퍼로 대표되는 광산란 표면 특성을 가진 제품들의 형상 측정은 거친 표면을 가진 반면 수마이크로의 형상 측정 정밀도를 요구하기 때문에 기존의 측정법으로는 기대하는 성과를 이루지 못해왔다. 현재까지 기존의 정통적인 측정법을 통해 측정 시도되어 온 방법들은 다음과 같이 두 방법으로 요약된다. 첫째, Kwon과 Han등은 경면(specular surface)을 측정하던 정통적인 간섭계에 10.6 μm 파장의 CO₂레이저를 광원으로 사용함으로써 가시광선 영역에서의 광산란 표면을 적외부 영역에서 경면화 하여 측정하였다.⁽¹⁾ 둘째, Ume 등은 거친 표면을 측정하던 정통적인 그림자식 모아레법(Shadow moire)를 그대로 적용하였다.⁽²⁾ 기존의 측정법을 통해 시도된 두 방법들은 확장된 파장을 사용함으로써 수습에서 수백마이크로의 측정 정밀도를 보고하고 있다.⁽¹⁾⁽²⁾ 광산란 표면의 형상을 측정하기 위해 본 논문에서 제안하는 측정법은 GPS(Global Positioning System) 좌표결정법을 사용하는데, 광원과 측정점까지의 거리를 측정하기 위해서 점회절을 통해 발산되는 두 구면광의 간섭을 이용한 새로운 방법을 제안한다.



[그림 1] 점회절 간섭계의 원리 및 구성도

개발된 광학계는 그림1과 같이 이웃하는 2개의 점광원으로 구성된 6개의 점회절 광원과 간섭무늬 측정을 위한 CCD카메라로 구성된다. 점광원부는 이웃하는 두 광섬유로 구성되고, 광섬유 끝단에서 발산하는 구면광은 간섭하여 측정물체 표면에 간섭무늬를 광원의 순서에 따라 형성하는데, 위상천이법을 이용해 획득되는 측정점의 절대위상(Φ)은 측정점의 절대 좌표값의 정보를 제공한다. 두 점광원에서 발산하는 광은 거의 완벽한 구면광이므로 측정점에서 획득되는 절대위상은 수식1과 같다.⁽³⁾

$$\Phi_i(x, y, z) = k(r_i - r'_i) + \Delta\phi, \text{ and } \Delta\phi = \phi_i - \phi'_i \quad (\text{수식1})$$

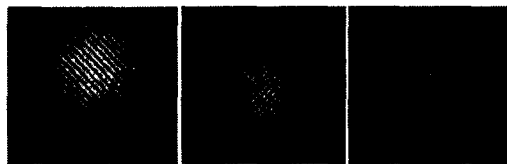
여기에서, i 는 점회절 광원부를 나타내며, $r_i(x, y, z) = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2}$.

$r'_i = \sqrt{(z-z'_i)^2 + (y-y'_i)^2 + (x-x'_i)^2}$ 이고, ϕ_i 와 ϕ'_i 는 (x_i, y_i, z_i) , (x'_i, y'_i, z'_i) 에 위치하는 각 점광원의 초기 위상값이다. 위상천이는 PZT tube를 이용해 두 광섬유 중 한 개의 길이를 늘임으로써 구현하였고, 초기 위상

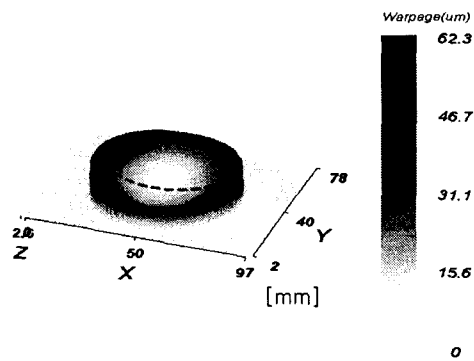
값차($\Delta\phi$)을 상쇄하기 위해 두 점의 절대위상차를 새롭게 정의하였다. 이때 발생하는 6개 미지수(x, y, z), (x_0, y_0, z_0)의 해를 구하기 위해 수식2와 같은 오차함수를 정의하였다.

$$E(x, y, z) = \sum_{i=1}^N [\{ \Phi_i(x, y, z) - \Phi_i(x_0, y_0, z_0) \} - \Lambda_i(x, y, z)]^2 \quad (\text{수식2})$$

여기에서 N은 6개 미지수의 해를 구하기 위해 구성된 6개 이상의 광원부 수를 나타내며, $\Phi_i(x, y, z)$ 와 $\Phi_i(x_0, y_0, z_0)$ 는 점광원과 측정점 사이의 기하학적 관계를 나타낸 수식이고, $\Lambda_i(x, y, z)$ 는 실제로 측정된 복원위상이다 수식2의 해는 Newton-Rapson법을 통해 획득할 수 있다. 상기 언급한 방법을 통해 실리콘 웨이퍼와 Group molded package의 형상 왜곡을 측정 한 결과는 다음과 같다.

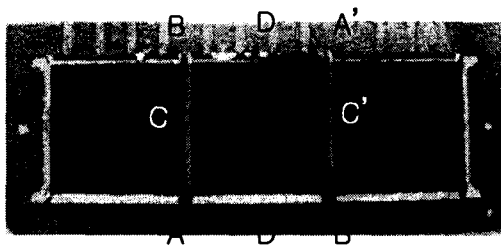


(a) 실리콘 웨이퍼에 투영된 간섭무늬

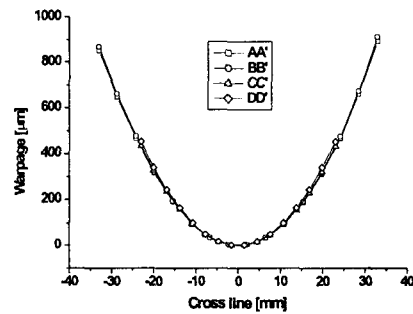


(b) 복원된 삼차원 형상 왜곡

[그림2] 실리콘 웨이퍼 형상 왜곡 측정



(a) Group molded Tape BGA



(b) 복원된 형상 왜곡