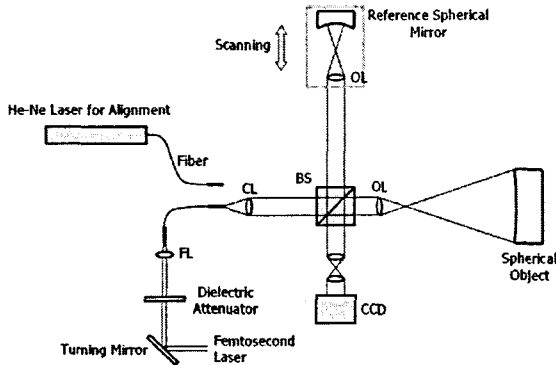


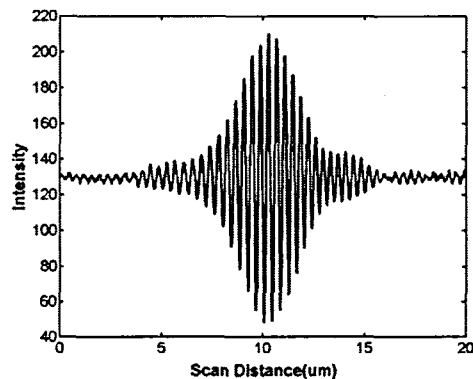
# 펨토초 레이저를 이용한 형상 측정용 저결맞음 간섭계 Low-coherence Interferometry using Femtosecond Lasers for Surface Profilometry

오정석, 김승우  
한국과학기술원, 기계공학과  
ojs6114@kaist.ac.kr

펨토초 펄스 레이저는 최근 발전이 급속히 이루어져 현재 수 fs 이하의 펄스를 안정적으로 생성하는 단계까지 발전하였으며 매우 짧은 과도 상태의 화학반응의 관찰, 레이저 가공, 광주파수 절대 측정, 엑스선의 생성 등에 활발히 적용되고 있다<sup>(1)</sup>. 다만 이를 길이 및 형상 측정에 응용한 연구들은 아직 본격적으로 이루어지지 않아 초기 단계에 있다고 볼 수 있다. 펨토초 레이저는 짧은 시간폭으로 인해 주파수 대역폭이 매우 넓은 광대역 광원(broadband light source)으로 기존의 할로겐 램프나 제논 램프를 사용한 백색광 간섭계와 마찬가지로 투명하거나 단차를 가진 형상 측정에 유리하며 결맞음 잡음 역시 상당히 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 기존의 백색광원과는 달리 공간 결맞음성(spatial coherence)이 우수하여 간섭계를 구성하기가 매우 용이하며 높은 침투 세기(peak intensity)로 인해 광학적 비선형 효과를 이용할 수 있는 등 형상 측정에 있어서도 그 응용 가능성이 크다고 판단된다.



(a) 펨토초 레이저를 이용한 구면측정용 간섭계



(b) 주사거리에 따른 간섭신호

그림.1 펨토초 레이저를 이용한 구면측정용 간섭계의 구성 및 주사거리에 따른 간섭신호

본 연구에서는 펨토초 레이저를 이용한 형상 측정의 기초 실험으로 그림.1(a)와 같은 구면거울 측정용 간섭계를 구현하여 그 가능성을 확인하였다. 레이저는 유전 감쇠기(dielectric attenuator)에 의해 적절히 광량이 조절된 후 단일모드 광섬유로 집광된다. 단일모드 광섬유에서 나온 빛은 시준렌즈를 거쳐서 평행광이 되고 광분할기에서 기준광과 측정광으로 분리되어 각각 기준 구면거울과 측정 구면거울에서 반사된 후 광분할기에서 합쳐져서 결상 광학계를 거쳐 CCD에 간섭무늬를 형성하게 된다. 실험에 사용된 측정 구면거울은 곡률 200 mm, 직경 50 mm의 알루미늄 거울이며, 기준 구면거울은 곡률 25 mm, 직경 25 mm의 알루미늄이 코팅된 거울이다. 기준부와 측정부의 분산을 동일하게 하기 위해 기준부와 측정부에는 색수차가 보정된 동일한 대물렌즈를 사용하였다. 펨토초 레이저의 광대역 특성으로 인해 간

섭무늬는 측정부와 기준부의 광경로 차이가 0 부근일 때만 형성되며 그림. 1(b)는 CCD 중심 부근의 한 화소(pixel)에서 주사거리에 따른 간섭신호를 보여 준다.

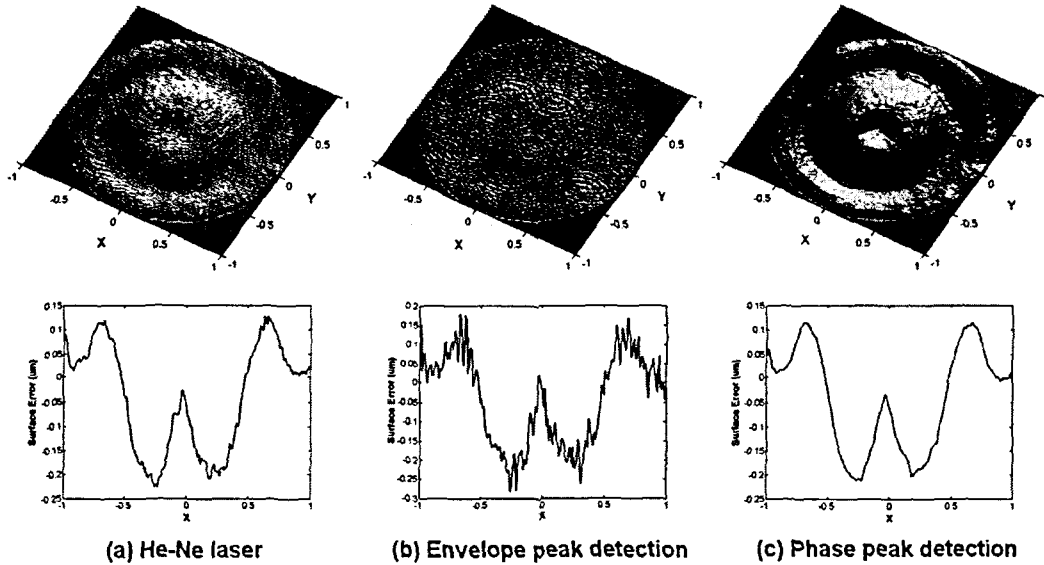


그림. 2 실험결과의 비교

그림. 1(b)와 같은 간섭신호로부터 형상정보를 얻어 내는 방법은 크게 가시도 정점(envelope peak)을 검출하는 방법<sup>(2)</sup>과 위상 정점(phase peak)을 검출하는 방법<sup>(3)</sup>이 있으며 그림. 2는 각 방법에 따라 측정된 구면거울의 가공오차의 형상과 단면을 나타낸다. 그림. 2(a)는 헬륨네온 레이저를 이용하여 위상천이 알고리즘으로 구한 측정결과이다. 그림. 2(b)는 가시도 정점 검출에 의해 구한 형상오차로 동심원 모양의 면지에 의한 회절모양이 측정결과에 큰 악영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그림. 2(c)는 위상 정점의 검출에 의해 얻은 측정결과로 3가지의 방법 중 가장 좋은 결과를 보였으며 다른 상용간섭계를 이용해 측정된 결과와도 잘 일치했다. 위상 정점 검출에 비해 가시도 정점의 검출이 회절에 의한 영향을 크게 받는다는 연구<sup>(4)</sup>는 이미 소개된 바 있으나 펄스초 레이저를 사용한 경우에는 높은 공간 결맞음성으로 인해 그 영향이 기존의 백색광원에 비해 더 큰 것으로 판단되며 그 원인에 대해서는 향후 상세히 분석될 것이다.

1. 홍경한, 남창희, “고출력 펄스초 레이저 기술”, 광학과 기술, 7(1), 7-12 (2003)
2. P. de Groot, L. Deck, “Surface profiling by analysis of white-light interferograms in the spatial frequency domain”, J. Mod. Opt., 42, 389-401 (1995)
3. P. Sandoz, “An algorithm for profilometry by white-light phase shifting interferometry”, J. Mod. Opt., 43, 1545-1554 (1996)
4. A. Harasaki, J.C. Wyant, “Fringe modulation skewing effect in white-light vertical scanning interferometry”, Appl. Opt., 39(13), 2101-2106 (2000)

