

진동에 둔감한 점회절 광섬유 간섭계

Point-diffraction Fiber Interferometer for Vibration Desensitization

박정재, 김학용, 김승우
한국과학기술원 기계공학과
jeremy@kaist.ac.kr

평판 디스플레이 시장은 가장 빠르게 성장하고 있는 전자산업 분야들 중에 하나이며, 앞으로 전체적인 디스플레이 시장에서 대략 80% 정도의 점유율을 가질 것으로 기대되고 있다. 그 중에서 LCD 시장은 60% 정도로 상당히 큰 비중을 차지하고 있는데, 시장에서의 수요는 계속해서 더 큰 bare glass의 생산과 내부 결함에 대한 보다 엄격한 공정 제어를 요구하고 있는 실정이다. 따라서, 상대적으로 진동이 심한 생산라인 상에서 실시간으로 보다 정확하게 전체적인 샘플의 결함을 검사할 수 있는 기술이 요구되며, 그 동안 이와 같은 분야에 적용할 수 있는 진동의 영향에 둔감한 간섭계에 대한 연구들이 수행되어 왔다. 예를 들면, 진동에 의한 간섭무늬의 흔들림을 직접 센서로 측정하고 이를 기준 반사면의 구동에 되먹임하여 간섭무늬를 안정화시키는 방법⁽¹⁾이 있는데, 이 방법은 센서와 구동기의 주파수 대역에 따른 제한을 받는다는 단점이 있다. 또한, 공간위상천이 방식을 이용하여 실시간 간섭무늬 해석을 통해 진동의 영향을 줄이는 방법⁽²⁾이 있는데, 카메라의 주파수 대역폭에 따라 제어 가능한 진동 주파수가 제한된다는 문제가 있다. 회절 격자와 핀홀을 이용한 간섭계⁽³⁾는 공통경로(common path) 방식과 공간위상천이 방식을 결합하여 보다 안정화된 간섭무늬를 얻을 수 있다는 장점을 갖지만, 실제적인 구현이 힘들고 핀홀을 이용한 점회절 간섭계의 특성 상 왜곡된 측정과면의 일부를 기준과면으로 사용하기 때문에 측정 정밀도가 저하되는 문제점을 안고 있다.

본 논문은 공통경로 방식과 공간위상천이, 보다 완벽한 기준과면 생성을 위한 광섬유 점회절, 그리고 LCD bare glass와 같은 투명한 재질에 대한 간섭무늬 획득을 위해 저가간섭성 광원인 SLD를 사용한 새로운 기상측정 간섭계를 제안한다. 본 논문에서 제안된 간섭계의 원리는 그림 1과 같다. 레이저 광원(SLD)으로부터 출발한 광은 끝단이 경사단면으로 가공되어 있는 편광유지 광섬유(PMF)를 지나서 mating sleeve를 통해 단일모드 광섬유로 전파된다. 평탄한 면으로 가공되어 있는 단일모드 광섬유(SMF) 끝단에서 점광원의 형태로 출발한 광은 시준렌즈를 통해 평행광으로 바뀌어 $\lambda/2$ 위상지연기(HWP)와 편광분할기를 거치게 되는데, $\lambda/2$ 위상지연기를 회전시킴으로써 편광분할기를 통과하는 전체적인 광량에 대한 조절이 가능하다. 편광분할기를 통과한 광은 $\lambda/4$ 위상지연기(QWP)와 90%의 반사율을 갖는 광분할기(BS)를 거쳐서 측정 물체로 입사되며, glass의 앞면과 뒷면에서 반사되어 나온 각각의 광들은 광분할기에 의해 측정광과 기준광으로 분기되어 진행하게 된다. 각각의 측정광과 기준광은 $\lambda/4$ 위상지연기를 또 한번 통과하게 됨으로써 입사할 때의 편광방향에서 90도 회전된 선형 편광상태를 가지게 된다. 반사된 광의 90% 정도는 단일모드 광섬유에 입사되어 완벽에 가까운 구면파로 나오게 되는데, 편광분할기를 통과시키기 위해 $\lambda/2$ 위상지연기를 거치게 된다. 한편, 측정광은 광경로를 일치시켜주기 위해 설치된 거울과 코너큐브를 거쳐서 양쪽 광의 상대적 광량을 조절해주기 위한 $\lambda/2$ 위상지연기를 통과하게 된다. 편광분할기에서 만난 두 광은 $\lambda/2$ 위상지연기를 지나면서 각각 45도 회전되어 공간

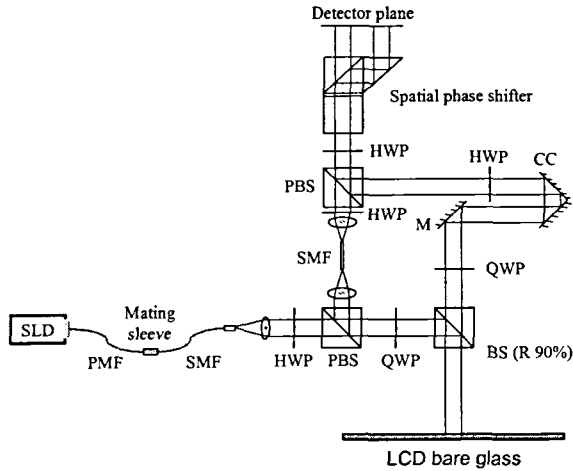


그림 1 진동에 둔감한 점회절 간섭계의 측정 원리

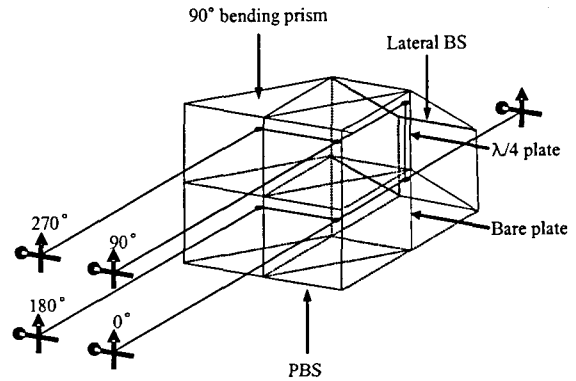


그림 2 공간위상천이 장치의 원리

위상천이 장치에 입사된다. 공간위상천이 장치의 원리는 그림 2와 같으며, $\lambda/4$ 위상지연기와 편광분할기를 이용하여 각각 90도 간격으로 위상천이된 4개의 간섭무늬를 얻게 된다. 또한, 본 논문은 저가간섭성 광원인 SLD를 사용하므로 다중간섭의 영향을 배제할 수

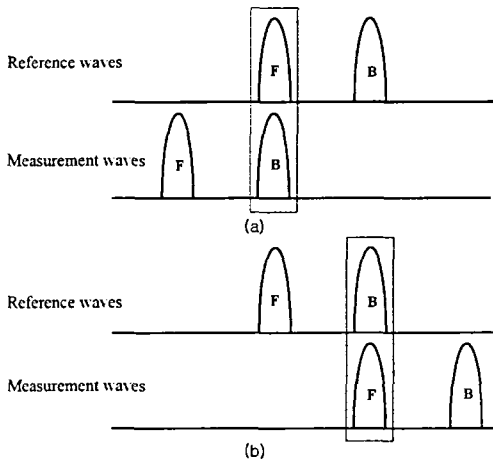


그림 3 Glass 앞, 뒷면 간섭무늬 생성원리

있으며, 측정 물체로부터 반사된 광을 기준광과 측정광으로 분기하여 사용하므로 측정 물체에 실리게 되는 진동의 영향을 상쇄시켜 제거할 수 있는 특징을 갖는다. 그림 3은 기준광과 측정광의 광경로를 일치시킴으로써 glass의 앞, 뒷면에서 반사된 광을 간섭시키는 원리를 보여준다. 앞면의 형상 정보를 얻기 위해서는 앞면에서 반사된 광을 측정광으로, 뒷면에서 반사된 광을 기준광으로 간섭시키며, 뒷면의 형상 정보 또한 이와 같은 원리로 획득가능하다. 광경로를 일치시켜 주는 과정은 앞에서 언급하였듯이 코너큐브의 스캐닝을 통해 가능하며, SLD의 가간섭거리가 대략 $43.7 \mu\text{m}$ 정도이므로, glass에 대해서 충분히 다중간섭의 영향을 배제할 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. T. Yoshino *et al.*, Opt. Lett., 23, 1576 (1998).
2. R.A. Smythe *et al.*, Opt. Eng., 23, 361 (1984).
3. Osuk Y. Kwon *et al.*, Opt. Lett., 12, 855 (1987).

