

멀티모드 광섬유를 이용한 짧은 결맞음 길이의 단색광 생성 Generation of a Monochromatic Short Coherence Beam by Using Multimode Optical Fiber

*이동원¹, #김재완², 김종안², 한재원¹

*D. W. Lee¹, #Jae Wan Kim(jaewan@kriss.re.kr)², Jong Ahn Kim², Jae Won Hahn¹

¹연세대학교 기계공학과, ²한국표준과학연구원 길이센터

Key words : Short Coherence Beam, Multimode Optical Fiber, Lateral Vibration, Time Averaged Smoothing

1. 서론

간섭계는 표면의 형상을 나노미터의 분해능으로 측정할 수 있기 때문에 거울면의 측정이나 마이크로 크기의 구조물 측정 등에 널리 사용된다. 백색광처럼 결맞음 길이가 짧은 광원을 사용하는 경우에는 측정하려는 표면에서만 간섭무늬가 생성되지만 단색광을 사용하는 경우에는 간섭계에 사용한 광학소자의 표면에서 반사된 빛들이 간섭무늬를 만들게 된다. 이렇게 측정면 이외의 소자로 인해 만들어지는 잡음 간섭무늬는 측정하려는 간섭무늬와 섞여 원래의 형상을 왜곡한다. 그러므로 단색광을 이용한 간섭계에서는 잡음간섭무늬를 제거하기 위해서 여러가지 방법을 사용한다. 거울처럼 단순한 표면을 측정하는 간섭계에서는 신호간섭무늬의 파수벡터(wave vector)가 잡음간섭무늬의 파수벡터보다 작기 때문에 공간필터를 사용하여 제거하기도 한다. 그러나 이 방법은 제한된 조건에서만 사용할 수 있기 때문에 광원의 결맞음 길이를 줄이는 방법이 많이 사용된다.

레이저 빛의 결맞음 길이를 축소시키기 위해서는 빛을 멀티모드 광섬유를 통과하게 하면서 광섬유를 진동시키는 방법을 많이 사용한다. 광섬유의 진동은 광섬유 모드의 경로를 변경시키므로 광섬유의 출력단에서 모드의 위치가 떨리게 된다. 광검출기는 노출시간 동안 적분된 신호를 얻으므로 모드가 떨리는 시간보다 긴 시간동안 노출을 주게되면 모드들의 평균값만 취할 수 있으므로 광량이 균일한 광원과 같은 효과를 얻으면서 멀티모드

광섬유의 모드수에 반비례하여 짧은 결맞음 길이의 광원을 만들 수 있다. 멀티모드 광섬유 출력단에서 모드의 진동주기가 카메라의 노출시간보다 짧아야 하므로 짧은 노출시간으로 측정하기 위해서는 더 높은 주파수의 모드진동이 필요하다.

본 연구에서는 스피커를 이용하여 멀티모드 광섬유를 가진할 때 출력단에서 보다 높은 주파수로 모드가 진동할 수 있는 조건을 찾고 특성을 조사하였다. 일정한 출력하에서 제한되는 진폭과 주파수로 낼 수 있는 최대의 모드 진동효과를 알아보기 위해 파이버의 고유진동수를 변화시켜가며 모드진동의 효과를 관찰하였다.

2. 실험

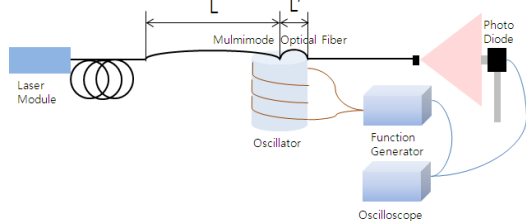


Fig 1. 실험구성, LD: laser diode, L1, L2: 진동부분의 광섬유 길이

실험에서는 635nm 의 단파장의 레이저 다이오드를 광원으로 사용하였다. 레이저 빔은 진동자가 부착된 멀티모드 광섬유에 Fig 1.과 입사된다. 광섬유의 중간부분은 스피커를 개조한 진동자에 에폭시를 사용하여 고정시켰다. 실험에 사용한 광섬유 코어의 직경은 200 μm 이며 진동자에 고정시킨부에서

L 만큼 떨어진 지점은 길이와 장력의 조절이 가능하도록 고정대를 설치하였으며 반대편으로 L'만큼 떨어진 지점은 진동이 최소가 되도록 고정시켰다. 멀티모드 광섬유의 출력단에서는 일정각도로 빔이 확산되므로 포토다이오드의 개구 크기와 광섬유 모드의 크기가 비슷하게 되는 거리에 포토다이오드를 설치하였다. 오실로스코프를 이용하여 신호를 획득하고 주파수 성분을 분석하였다.

3. 결과

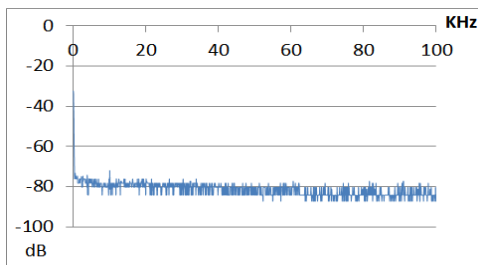


Fig 2. 진동이 없을 때의 주파수 성분 분포

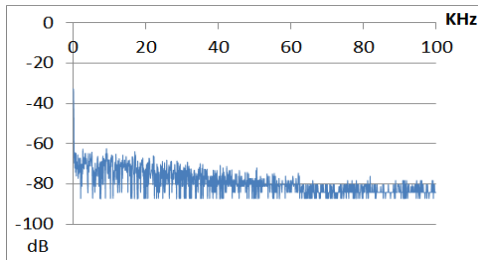


Fig 3. 진동하에서의 주파수 성분 분포

멀티모드 광섬유의 출력단에서 모드의 변조 주파수는 진동자의 주파수와 진폭과 관련이 있다. 진동자의 주기신호가 일정할 때 광섬유의 마디 길이를 조절하며 출력단 모드의 떨림을 관찰하여 광섬유의 진동이 공진하는 조건을 찾았다.

공진 조건에서 광섬유의 진폭이 가장 크기 때문에 광섬유 출력단에서 모드의 떨림 주파수가 가장 클 것으로 예상할 수 있다. 그러므로 진동주파수와 이의 고조파가 뚜렷하게 나타날 것으로 기대하였다. 그러나 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)한 스펙트럼에서는 백색광과 같은 연속적인 분포를 나타내었다. 이는 Fig.2.와 Fig.3.을 비교하면 알 수 있다.

이는 빔의 모드가 개별적으로 떨리는 것이 아니라 광섬유 내부의 상호작용에 의해서 반점의 퍼짐이 생기기 때문이라고 생각된다. 더 자세히는 해당영역에서 모드를 만드는 각 광성분의 광섬유 내부에서의 광경로가 각각 다른 지점으로 임의적으로 변하기 때문에 각각 다른 주파수의 떨림이 모두 다른 주파수로 나타나게 된다.

광섬유의 길이에 변화에 따라 고유주파수가 진동주파수에 수렴할수록 떨림 효과는 증폭되는 것을 확인 할 수 있었다. 진동자의 진동 주파수에 공진하는 조건에서 광섬유의 길이를 확인하고 이의 두 배 및 세배의 길이에 대해서는 공진이 되지만 주파수폭은 오히려 줄어들음을 확인하였다. 그러므로 1 차 공진조건을 유지하는 것이 출력광이 가장 높은 주파수로 떨리게 만들 수 있다.

본 실험은 단위길이에서의 진폭 및 주파수가 모드의 떨림에 미치는 영향만을 고려했지만 진동이 작용하는 파이버의 영역이 넓을수록 모드의 떨림 효과도 커진다. 실험에서 변형시킨 L 값의 범위가 파이버의 전체 길이에 비해 매우 짧았기 때문에 고정단을 만들지 않고 레이저 모듈과 연결된 부분까지의 전체길이를 떨리게 했을 경우 떨림 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 2,3 차 공진조건을 만족시키기 위해 진동하는 파이버의 영역을 늘릴 경우 이에 따른 떨림효과가 증가되겠지만 공진현상으로 인해 생기는 떨림효과에 비해서는 그 효과가 미비할 것으로 예상했다.

참고문헌

1. Woosung Ha, Sejin Lee, Kyungwan Oh, "Speckle Reduction in Near-field Image of Multimode Fiber with a Piezoelectric Transducer" Journal of the Optical Society of Korea
2. Chu-Shik Kang, Jong-Ahn Kim, Tae Bong Eom, Roma Jang, Hae Yong Park, and Jae-Wan Kim, "High speed phase shifting interferometry using injection locking of the laser frequency to the resonant modes of a confocal Fabry-Perot cavity" Optics Express, Vol. 17, Issue 3, pp. 1442-1446 (2009)