

측면 연마된 광섬유를 이용한 마이켈슨 간섭계 센서 제작

이상필, 김준형*, 윤영갑, 조승용, 이현용*, 황보승
 호남대학교, 전남대학교*

The Fabrications of Michelson Interferometer Sensor Using Side Polished Fiber

Sang-Pil Lee, Jun-Hyong Kim*, Young-Kab Yun, Seung-Yong Cho, Hyoun-Yong Lee*, Seung HwangBo
 Honam Univ., Chonnam Univ.*

Abstract : 굴절을 등을 측정하기 위한 광센서로 이용하기 위해 광섬유 형태의 마이켈슨 간섭계와 측면 연마된 광섬유를 결합한 구조를 제안하였고, 이를 제작 및 특성 평가하였다. 마이켈슨 간섭계 구성은 광 파워 분기비가 50:50인 광커플러와 센서부로 사용하기 위한 측면 연마된 광섬유를 이용하였다. 그리고 광섬유의 끝단에는 거울 역할을 하도록 은(Silver)을 증착하여 구성하였다. 광섬유 형태의 마이켈슨 간섭계 센서의 센서부 표면에 굴절을 용액을 이용하여 광학적 특성을 평가하였다.

Key Words : 광센서(Optical sensor), 마이켈슨 간섭계(Michelson Interferometer),
 측면 연마 광섬유(Side Polished Fiber), 광커플러(Optical Coupler)

1. 서론

광섬유 센서(Optical sensor)는 광섬유에 가해지는 외부 물리량의 변화에 의해 광섬유 속을 진행하는 빛에 유도되는 여러 가지 특성 변화를 측정하게 된다. 이때 외부에서 가해지는 물리적인 신호는 온도, 압력, 전기장, 자기장, 회전, 화학물질의 농도, 기계적인 움직임 등이 해당된다. 광학적 방법의 센서는 크게 강도(intensity)형과 간섭(interferenc)형으로 나눌 수 있다. 간섭형 광섬유 센서는 광섬유를 지나는 광의 가간섭 현상을 이용한 것이다. 이러한 간섭계 원리를 이용한 센서는 측정하고자 하는 대상의 변화를 측정하는데 매우 높은 감도를 갖는다. 마이켈슨 간섭계(Michelson Interferometer)는 광섬유를 이용하는 방법과 자유공간 상에서 구성하는 2가지 방법이 있다. 자유공간 상에서 구성하는 마이켈슨 간섭계는 고가의 광학기기를 배열하여 구성하므로 크기가 크며 구성 자체에 어려움이 있다. 그러나 광섬유를 이용하여 시스템을 구성하는 경우 소형으로 제작할 수 있으므로 이동성이 좋다. 또한 저가에 손쉽게 구성할 수 있으므로 그 응용범위가 확대되어 산업전반에서 활용될 수 있다.

생산설비, 부품 구성면에서 유리하고 가격 경쟁력과 공정이 간단하며, 광섬유만으로 제작이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 광섬유를 이용하여 마이켈슨 간섭계를 구성하고, 센서부에는 측면 연마된 광섬유(Side Polished Fiber)를 적용하여 광센서로 사용하기 위한 마이켈슨 간섭계 구조를 제안하였다. 그리고 제안한 구조의 마이켈슨 간섭계 센서를 제작하고, 특성을 평가하였다.

2. 실험

마이켈슨 간섭계 센서의 구성은 그림 1과 같이 광원과 광 검출기, 그리고 신호를 분기하고 합파하는 광커플러

(Optical Coupler), 센서부로는 측면 연마된 광섬유를, 그리고 광섬유 끝단에는 은(Silver)을 증착하여 거울 역할을 하도록 구성하였다.

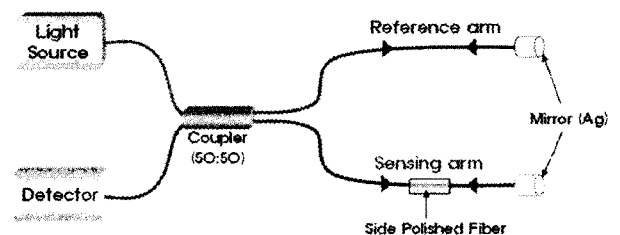


그림 1. 마이켈슨 간섭계 센서 구성도.

광원으로는 백색광원(White Light Source)을 광 검출기로는 광 스펙트럼 분석기(Optical Spectrum Analyzer)를 이용하였다.

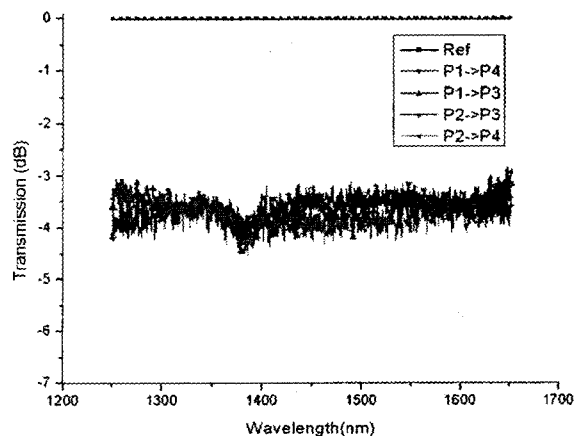


그림 2. 광커플러의 광학적 특성.

광커플러는 광커플러제조장비를 사용하여 광섬유 두가닥을 꼬아 열원으로 용융 인장하여 1310nm와 1550nm 파장에서 광 파워 분기비가 50:50인 파장에 무의존하는 광커플러를 제작하였다. 그림 2에는 제작된 광커플러의 입력부와 출력부에 따른 광학적 특성을 나타내었다.

그리고 센서부로 이용하기 위한 측면 연마된 광섬유는 25cm 곡률반경을 갖도록 퀴츠 블록에 홈을 내고, 그 홈에 광섬유를 에폭시 수지로 접착한 후 연마하였다.

각각의 광섬유 끝단부는 거울 역할을 하도록 하기 위해 열증착기(Thermal Evaporator System)를 이용하여 은(Silver)을 증착하였다. 증착한 은 박막의 두께는 950nm였다.

마이켈슨 간섭계를 구성한 후 광섬유 끝단부의 반사손실율을 측정하였다. 표 1은 마이켈슨 간섭계의 광섬유 끝단의 반사손실율을 측정된 값이다.

표 1. 마이켈슨 간섭계 광섬유 끝단부의 반사손실.

DUT	Wavelength(nm)	
	1310nm	1550nm
Reference	-24.01dB	-22.57dB
P1-->P2	-24.04dB	-22.75dB
P2-->P1	-24.03dB	-22.79dB

3. 결과 및 고찰

마이켈슨 간섭계 센서의 입력측에 입사된 광원이 광커플러를 통과한 후 50:50로 나누어진다. 분기된 광은 각각 간섭계의 기준경로와 센싱을 위한 경로를 지난 후 거울부인 광섬유 끝단에서 반사되고 다시 광커플러를 통해 합파되어 검출기로 돌아오게 된다. 마이켈슨 간섭계의 센서부로 작용하는 한 경로는 광섬유의 측면을 연마하여 클래드를 제거하고, 클래드가 제거된 부분에 측정하고자 하는 시료를 떨어뜨려줄 때 굴절률과 같은 특성이 변하게 되면 이를 통해 전파하는 광은 다른 경로를 지나는 광과는 다른 위상 변화를 겪게 된다. 그러므로 마이켈슨 간섭계의 원리를 보면 도파로에서 각각의 경로를 통한 광이 서로 간섭하게 되어 광의 세기는,

$$I=2R(1+\cos\Delta\phi)$$

$$\Delta\phi=4\pi n\Delta L/\lambda$$

이 되고, 이때 $\Delta\phi$ 는 간섭계의 위상차, λ 는 광원의 파장, Δn 은 측정 물질에 따른 유효 굴절률의 변화, L 은 센서 부분의 길이를 의미한다. 따라서 마이켈슨 간섭계를 통한 광을 측정함으로써, 측정하고자 하는 물질의 특성에 따른 유효 굴절률의 변화를 측정할 수 있다.

그림 3에서는 마이켈슨 간섭계 센서에 다양한 굴절률 용액을 센서부에 떨어뜨렸을 때 굴절률 차이에 의한 측정 데이터를 나타내었다.

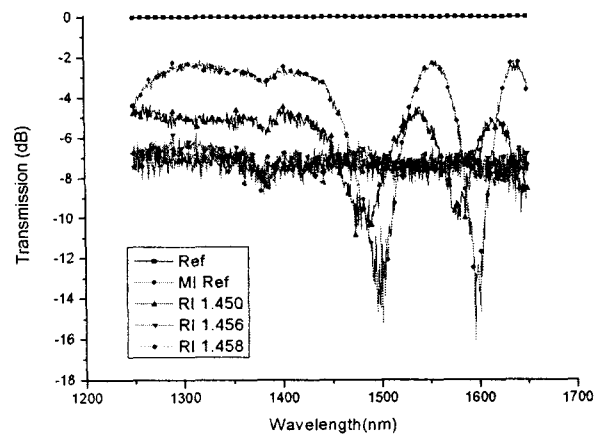


그림 3. 굴절률 용액의 변화에 따른 마이켈슨 간섭계 센서의 광학적 특성.

그 결과 굴절률의 변화에 따라 위상의 변화가 발생하여 광의 세기가 변화하는 것을 알 수 있다. 그리고 측정시에 마이켈슨 간섭계 센서가 주변 환경(온도 및 진동 등)에 매우 민감하므로 위상이 좌우로 흔들림이 나타났다. 이러한 문제는 차후 패키징의 보완이 이루어져야 한다.

4. 결론

본 연구에서는 광센서의 감도를 향상시키기 위한 광섬유로 구성된 마이켈슨 간섭계와 측면 연마한 광섬유를 접목시킨 센서의 구조를 제시하고, 이를 제작 및 특성 평가 하였다. 제작된 마이켈슨 간섭계 센서는 광이 센서부의 굴절률 용액에 따라 위상차가 발생하여 광의 세기가 변화함을 알 수 있었다. 제안한 구조의 간섭계 센서는 여러 분야에서 감도가 높은 광센서로 응용이 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] Kashyap. Raman, Nayar. Bimal Kumar, "All single-mode fiber Michelson interferometer sensor", J. Lightwave Technol., Vol. 1, No. 4, p. 619, 1983
- [2] Qian. Wang, Sailing He, "Optimal design of planar wavelength circuits based on Mach-Zehnder Interferometers and their cascaded forms", IEEE JNL, Vol. 23, No. 3, p. 1284, 2005.
- [3] Culshaw B, "Fiber optics in sensing and measurement" IEEE, Journal of selected topics in quantum electronics, Vol. 6, No. 6, p. 1014, 2000.
- [4] F. S. Ligler and C. A. Rowe Taitt, "Optical Biosensors: Present and Future", Elsevier, p. 207, 2002.
- [5] 김광택, 황보승, 강용철, "측면 연마 편광 유지 광섬유와 평면 도파로 사이의 소산장 결합을 이용한 광센서" 센서학회지, 제13권 제3호, p. 207, 2004.