

이중 클래딩 광섬유에 새겨진 장주기격자 쌍을 이용한 온도 및 인장력의 동시측정

Simultaneous measurement of temperature and strain by using LPG pair imprinted on double cladding fibers

김석한*, 김명진, 이병하

광주과학기술원 정보통신공학과

ksh8137@gist.ac.kr

광섬유 장주기격자(Long-period fiber grating: LPG)가 외부의 온도, 인장력, 구부림 등에 높은 민감성을 갖는다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이러한 장주기격자의 파장특성을 이용하여 온도와 인장력을 동시에 측정하고자하는 다수의 방법들이 소개되었다.⁽¹⁻³⁾ 하지만, 장주기격자의 투과스펙트럼은 외부변화를 유도하는 여러 변수들로부터 복합적으로 영향을 받기 때문에, 장주기격자 자체만으로는 응용에 제약이 있다. 더구나 일반 단일모드 광섬유를 사용하는 경우에는 장주기격자들 사이, 즉 광섬유 피복이 제거되지 않은 구간에서 클래딩 모드로 진행하는 빛이 손실되어 투과 스펙트럼의 간섭무늬를 관찰할 수 없기 때문에 패키징에 어려움이 있다. 하지만 이중 클래딩 광섬유의 내부 클래딩 모드를 이용하면 이런 단점을 극복할 수 있다.⁽⁴⁾ 본 연구에서는 장주기격자를 이중 클래딩 광섬유에 새김으로써 외부환경에 무관한 내부 클래딩 모드를 유도하고, 장주기격자 쌍에 의한 간섭패턴의 변화로부터 외부온도 및 인장력의 변화량을 동시에 측정하고자 한다.

그림 1은 이중 클래딩 광섬유를 이용한 센서 시스템의 구성도로서 인장력은 동일한 특성을 갖는 두 개의 장주기격자들 사이, 즉 BC 구간에 인가하고, 온도변화는 히팅코일을 이용하여 장주기격자가 새겨진 부분, 즉 AB 구간과 CD 구간에 인가하였다. 이와 같은 구성에서는 인장력과 온도, 두 물리량이 서로 독립적으로 간섭패턴에 영향을 미치기 때문에, 장주기격자가 새겨진 부분의 온도 변화는 간섭패턴이 갖는 포락선의 중심파장으로부터 측정할 수 있으며, 또한 두 격자 사이에 가해진 인장력은 간섭패턴의 위상으로부터 측정할 수 있다. 이때 인장력이 가해지는 구간은 온도변화에 영향을 받지 않게 유지해야 할 필요성이 있다. 이와 같이, 광섬유 주변부의 온도와 인장력을 하나의 간섭패턴으로 측정할 수 있으며, 각각의 값은 결합모드이론에 의해 구할 수 있다.⁽⁵⁾

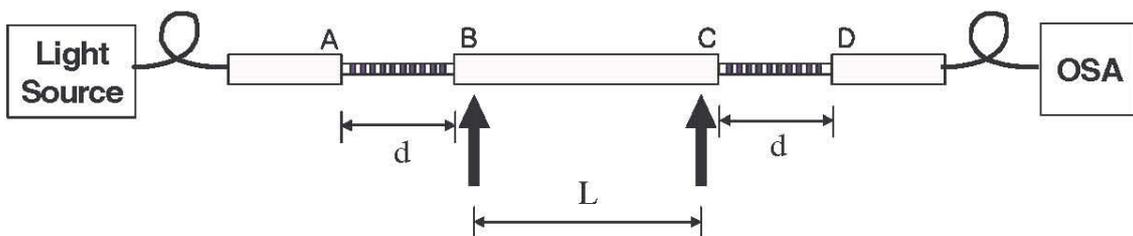


그림 1 온도 및 인장력 동시 측정을 위한 실험의 개략도.

그림 2(a)에 온도변화에 대한 공진파장의 이동을 실험적으로 보였다. 그림 2(b)를 통해서 격자가 새겨진 부분의 온도변화에 대해서 간섭패턴의 위상변화가 작음을 알 수 있다. 이는 앞서 예상한 결과이며, 간섭패턴의 전체 포락선의 중심파장이 이동하는 값을 측정하면 온도변화를 알 수 있다. 그림 2(c)는 그에 대한 결과이다. 그림 3은 두 격자 사이에 인장력을 가함으로써 일어난 간섭패턴의 위상변화와 간섭패턴으로부터 계산된 위상과 광섬유에 인가된 인장력과의 관계를 보여주고 있다.

요컨대, 본 연구에서는 내부 클래딩 모드를 사용하여 광섬유 격자 간섭계를 구성함으로써 온도와 인장력을 서로 독립적으로 다루었고, 하나의 간섭패턴으로부터 각각의 값을 측정하였다. 외부온도에 대한 공진파장은 약 $0.05 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 의 변화를 보이며, 인장력에 의한 위상은 대략 $2.245 \times 10^{-3} \text{ rad}/\mu\text{e}$ 정도로 측정되었다.

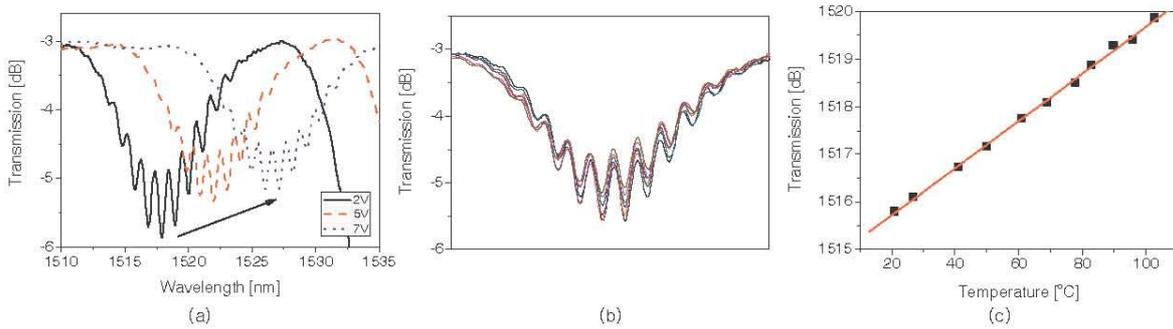


그림 2 (a) 격자부분의 온도변화로 인한 간섭패턴, (b) 온도별 간섭패턴의 위상 비교, (c) 온도에 대한 중심파장의 변화.

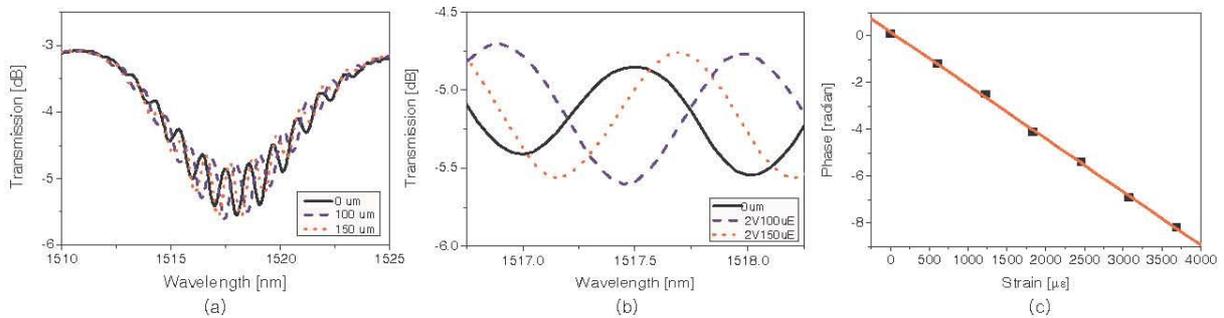


그림 3 (a) 인장력에 의한 간섭패턴의 위상변화, 포락선의 중심파장은 변화가 없다. (b) 세부적인 위상변화, (c) 간섭패턴에서 계산된 위상과 측정된 인장력의 관계.

본 연구는 광주과학기술원의 국제공동연구, BK-21, 산업자원부 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

1. V. Bhatia, et al., Opt Lett., 22(9), 648-650 (1997)
2. Y. G. Han, et al., Opt Lett., 11(5), 476-481 (2003)
3. K. J. Han, et al., IEEE Photonics Technol Lett 16(9) (2004)
4. B. H. Lee, et al., JOSK, 7(2), 53-58 (2003)
5. B. H. Lee, et al., Fiber and Integ. Opt. 20(5) 443-355 (2001)