

RF 신호 기반 광섬유격자 스트레인 센서

FBGs Strain Sensor based on RF Signal

김선덕^{***}, 이관일^{**}, 이주한^{***}, 정제명^{*}, 이상배^{**}

* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 ** 한국과학기술연구원 *** 서울시립대학교

esob820713@kist.re.kr

광섬유격자 기반 광센서는 외부의 물리량에 의해 변하는 파장값을 측정하여 물리량에 대한 정보를 알아내는 센서이다. 하지만 센서로 구현하려면 가변 레이저나 파장가변필터 또는 광스펙트럼 분석기등 비싼 장비를 필요로 하며 측정 속도도 느린 단점이 있다. 그리하여 본 연구에서는 RF 신호로 변조된 ASE(Amplified Spontaneous Emission: 자발 방출광)광원과 광섬유 격자를 사용하여 경제적으로 온도변화에 영향을 받지않고 스트레인을 측정하는 새로운 방법을 제안한다. 측정시스템 구성과 스트레인 스테이지 구성은 아래 그림과 같다.

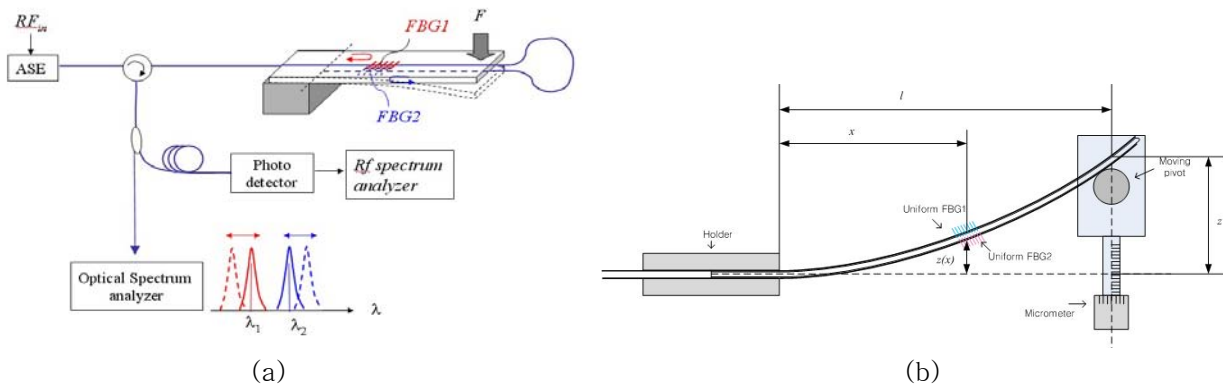


그림 1. (a)스트레인 센서 시스템과 (b)스트레인 스테이지.

그림에서 보이는 것과 같이 반도체 광증폭기(SOA)에서 나오는 ASE 광원을 RF 신호로 직접 변조하여 순환기를 거쳐 광섬유 격자 센서로 보낸 후 서로 다른 파장을 갖는 광원이 반사하고 이를 광전 변환기에서 전기신호로 변환할 때, RF 신호크기는 두 광섬유 격자의 파장간격에 따라 변하는 현상을 이용하여 격자가 붙어있는 외팔보의 구부림 정도를 측정하였다. 이 때 외팔보 양면 중앙에 각각 1549.5nm, 1550.7nm의 중심파장을 갖는 단주기 격자를 광소자용 UV 접착제를 이용하여 붙였다. 외팔보에 수직방향으로 힘을 가하게 되면 이 때 받는 스트레인 ε은 곡률에 비례한다⁽¹⁾. 이 때 곡률에 따라 두 개의 파장 거리는 변하게 되고 이에 따른 RF 신호세기는 반사되는 파장의 위상에 영향을 받아 아래의 수식과 같다⁽²⁾.

$$P = 2P_0 \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \sin(2\pi ft + \phi_0)$$

여기서 P₀ 와 φ₀ 는 각각 RF 신호세기와 위상이며 Δφ 는 다른 광섬유 격자에서 반사되는 광원의 위상차이다. 그 위상차는 아래의 수식과 같다.

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 = 2\pi f(2nl / c + DL\Delta\lambda)$$

여기서 n 는 광섬유의 굴절률, l 은 광섬유격자들 간의 거리, D 와 L 은 광섬유 스펴의 분산값과 길이, $\Delta\lambda$ 는 광섬유 격자에서 반사되는 파장간격을 나타낸다. 식에서 알 수 있듯이 파장간격이 변하면 RF 신호세기의 위상이 변하고 이에 따른 크기 또한 변한다.

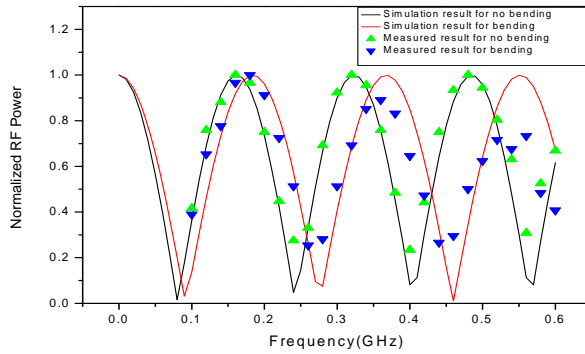


그림 2. 구부림을 주지 않았을 때와 주었을 때 주파수에 따른 RF 신호 세기.

그림 2는 RF 주파수를 바꾸면서 신호세기를 측정그래프로 시뮬레이션 값과 일치함을 확인할 수 있었다. 300 MHz에서 RF 주파수를 고정시키고 스트레인과 온도에 따른 신호의 변화를 측정하였다.

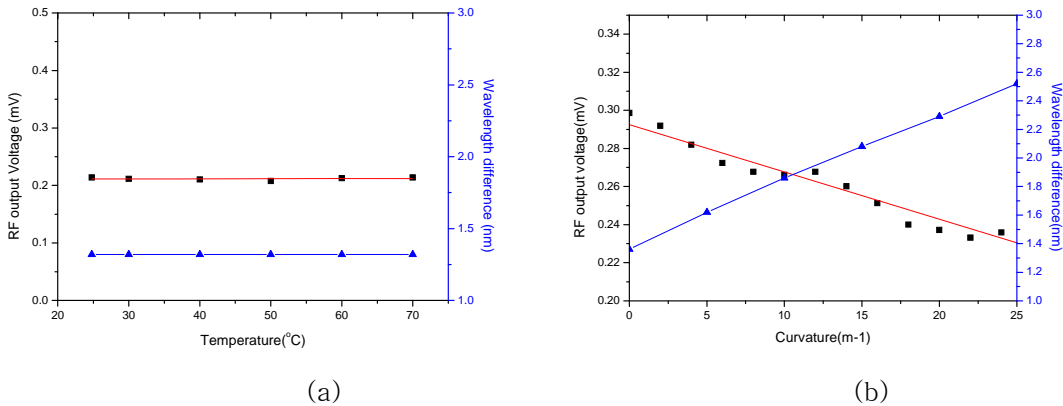


그림 3. (a) 온도와 (b) 스트레인에 대한 RF 신호세기와 파장 간격변화.

그림 3. (a)는 온도가 변하여도 RF 신호세기가 변하지 않음을 보여주고 있으며 그림 3. (b)는 스트레인 세기에 따라 RF 신호세기가 선형적으로 변하는 것을 확인할 수 있다.

위와 같이 간단히 광섬유 격자를 조합시켜서 스트레인과 온도를 차별화 하면서 동시에 휘어지는 방향까지 확인할 수 있는 센서를 구현하였다. 이는 교량이나 터널 등 구조물의 변형측정에 사용될 수 있을 것이다.

1. J. Kim et al, IEEE Photon. Technol. Lett. 16, 849- 851, 2004.
2. X. Dong et al, Optics Letter., Vol. 33, No. 5, March 1, 2008.