

광파이버 브래그 격자형 무게 측정 센서에 관한 연구

이 중 윤, 최 창 원, 손 용 환, 장 진 현, 정 진 호
호서대학교 전자정보기술전공
E-mail : *fbg2004@nate.com*

A Study about Mass Measurement Sensor of Optical Fiber Bragg Gratings

Jong-Youn Lee, Chang-Won Choi, Yong-Hwan Son, Jin-Hyeon Chang, Jin-Ho Jung
Dept. of Electronics, Hoseo University

Abstract

This paper has been studied a optical fiber sensor offer important advantages such as electrically passive operation, EMI immunity, high sensitivity, and multi-plexing capabilities of this technology has been the characteristic. The shift in optical fiber Bragg wavelength with mass can be expressed. Using the shift in the optical fiber Bragg grating(FBG) center wavelength due to mass change.

I. 서론

광파이버 센서의 중요한 장점으로는 전기적으로 수동의 동작, 전자파간섭 내성, 고감도 그리고 다중화 능력, 소형화, 경량화, 광대역 대용량화 등의 특징을 가지고 있다[1][2]. 또한 광파이버 격자형 센서는 파장을 달리한 광파이버 격자를 이용하여 다중점(multi-point) 센서로의 확장이 용이하다. 광파이버를 이용한 센서로는 스트레인, 온도, 압력, 거리, 변위 등이 있으며, 이를 응용하여 지능형 도로구조물용 고속계중 시스템, 사면 감시 및 단락감지 시스템, 침입감지 시스템, 교량 및 건축물의 사전 감시 시스템 등에 이용할 수 있다[3][4].

본 논문에서는 Fiber Bragg Grating(FBG)을 이용하여 질량 M을 5Kg 단위로 일정하게 하여 약 1시간 후

에 측정된 실험 데이터 값으로 질량에 따라 파장의 변화를 구별하기 위한 방법을 제시하였다.

II. FBG의 이론적 고찰

1.1 FBG의 이론

본 절에서는 FBG는 광파이버 코어 내에 UV 레이저를 이용하여 주기적인 굴절률 변화를 영구적으로 줌으로써 주어진 조건에 따라 특정 파장을 반사시키고, 그 이외의 다른 파장은 투과시키는 특성을 나타내는 소자이다. 따라서, 필터를 설계하기에 매우 유용하며, 광파이버 내부에 소자를 내장할 수 있기 때문에 시스템의 소형화, 경량화를 실현할 수 있는 장점이 있다[1]. 이러한 FBG의 해석을 위해서는 도파로를 통해 전송되는 광의 결합 현상을 해석하여야 한다[4].

그림 1은 이러한 FBG의 동작원리를 나타낸 것으로, 광파이버 코어부분에 주기적으로 굴절률 변화를 만들어서 구성할 수 있다. 따라서 광파이버 격자에 신호가 입력되면 코어 내에서 굴절률 차이로 인하여 광파이버 브래그 조건에 따라 설정된 격자에 의해 선택된 파장은 반사되어 돌아가고, 그렇지 않은 파장은 투과하는 특성을 가지므로 특정파장대의 신호만을 선택할 수 있다. 광파이버 브래그 조건에 의해 결정되는 광파

이브 격자의 반사파장 λ_B 는 격자의 주기와 코어의 유효굴절률로 식 (1)과 같이 표현할 수 있다[5].

$$\lambda_B = 2\Lambda n_{eff} \quad (1)$$

여기서, λ_B 는 반사되는 브래그 파장, Λ 는 광파이버 격자의 주기, n_{eff} 는 파이버 코어의 유효굴절률이다.

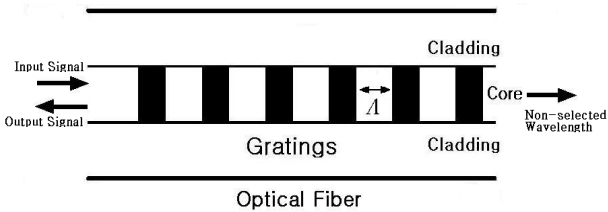


그림 1. 광파이버 브래그 격자의 동작 원리

식 (1)의 브래그 조건에 의하여 반사되는 신호의 중심파장은 광파이버 격자의 주기와 유효굴절률에 비례한다.

III. FBG의 무게 측정 센서 실험 고찰

본 절에서는 FBG의 무게 측정에 따른 파장의 변화를 측정하기 위해 실험에 사용된 장비는 입력 광원으로 백색 광원(Anritsu사)을 사용하였고, 사용 파장 범위는 900[nm]-1750[nm]이다. Output단에서의 출력 측정은 광 스펙트럼 분석기(Anritsu사 모델명 MS9710C)로 측정하였다.

3.1 FBG의 무게 측정 센서 기본 구조

그림 2는 광파이버 브래그 격자의 무게 측정 센서 실험을 위한 구성도이다. 그림 2의 구성도에서 정확한 실험 데이터 값과 평형성을 유지하기 위하여 바닥에 0.5[cm]의 두께와 가로, 세로의 길이가 각각 20[cm], 25[cm]의 고무판을 놓고 고정시켰다. 그리고 고무판 위에 광파이버가 구부러 지거나 파괴되지 않도록 고정시켰다. 또한 안정된 실험을 하기 위하여 광파이버 브래그 격자 부분에 2[cm] 정도의 두께와 가로, 세로 길이를 각각 10[cm]로 한 sponge를 움직이지 않도록 고정시켰다. sponge 위에 일정한 단위의 무게 [Kg]를

광파이버 브래그 격자 부분에 정밀하고 안정되게 고정시킨 후, 5[Kg]부터 50[Kg]까지 1시간 단위로 5[Kg]씩 증가시켰다. 그리고 광파이버 양단에 입력 단자측에는 백색 광원(Anritsu사)을 사용하였으며, 출력 단자측에는 광 스펙트럼 분석기(Anritsu사 모델명 MS9710C)를 이용하여 측정하였다. 그림 2에서 광 스펙트럼 분석기의 분해능은 0.2[nm]로 설정하였으며, 감쇄 [dB]는 블록당 5.0[dB/div]이며, 비디오 대역폭(Video Bandwidth : VBW)은 10[Hz]이며, 백색 광원(Anritsu사)의 사용 파장 범위는 900[nm]-1750[nm]을 입사하여 측정하였다.

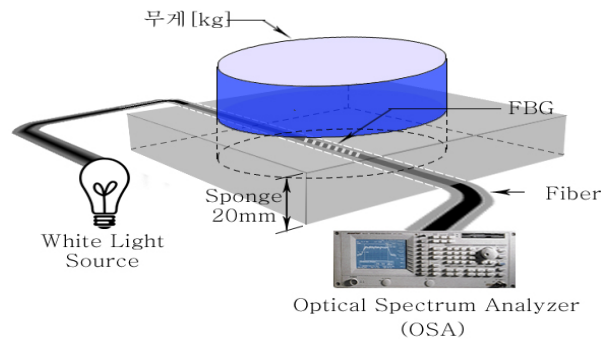


그림 2. FBG의 무게 측정 센서 구성도

3.2 FBG의 무게 측정 센서 실험 구성도에 의한 파장 변화 특성

본 절에서는 그림 2의 구성도에 의하여 무게에 따른 파장의 변화를 측정하기 위하여 백색 광원(Anritsu사)과 광 스펙트럼 분석기(Anritsu사 모델명 MS9710C)를 사용하여 측정하였다.

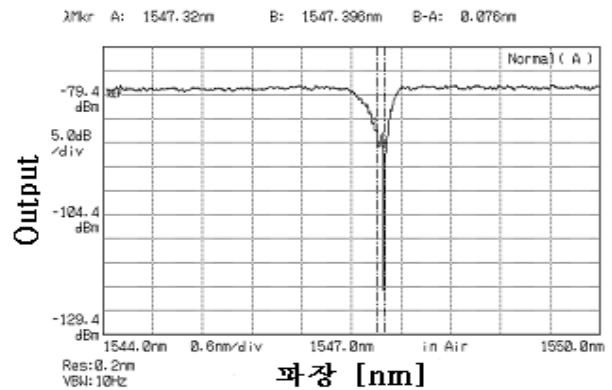


그림 3. 5Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

그림 2에서 입력 단자에 백색 광원을 연결하고 출력 단자에 광 스펙트럼 분석기를 연결하여 측정된 스펙트럼 특성 결과가 그림 3부터 8과 같이 측정되었다. 그림 3으로부터 FBG의 초기치 출력 파형의 중심 파장, 즉 0[Kg]으로 측정하였을 때 1547.32[nm]이었으며, 5[Kg]으로 측정하였을 때는 중심 파장이 1547.396[nm]임을 스펙트럼을 통해서 알 수 있다. 따라서 초기치와 5[Kg]으로 측정된 두 스펙트럼의 파장 차는 0.076[nm]이다. 그림 4는 10[Kg]의 무게로 측정하였을 때 출력 단자의 스펙트럼 특성을 나타낸 것이다. 스펙트럼의 결과로부터 10[Kg]을 광파이버 브래그 격자에 올려놓고 측정된 결과 중심 파장이 1547.54[nm]임을 알 수 있다. 스펙트럼의 결과로부터 초기치와 10[Kg]으로 측정된 결과 두 파장의 차가 0.22[nm] 정도 나타난 것을 알 수 있다.

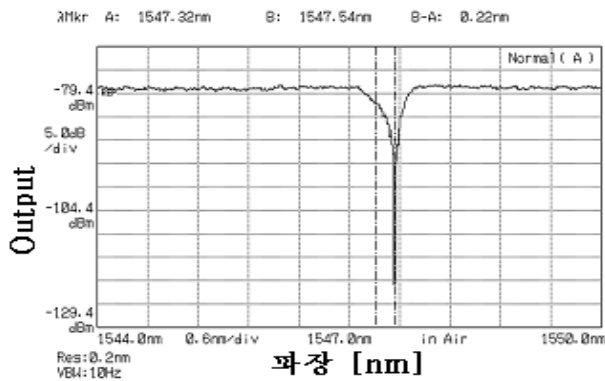


그림 4. 10Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

그림 5는 20[Kg]의 무게로 측정된 출력 단자의 스펙트럼 특성이다. 스펙트럼의 결과로부터 파장의 변화가 일어남을 알 수 있다. 즉 20[Kg]으로 측정된 결과 중심 파장이 1547.66[nm]이며, 두 파장의 차는 0.34[nm]임을 출력 스펙트럼을 통해서 알 수 있다.

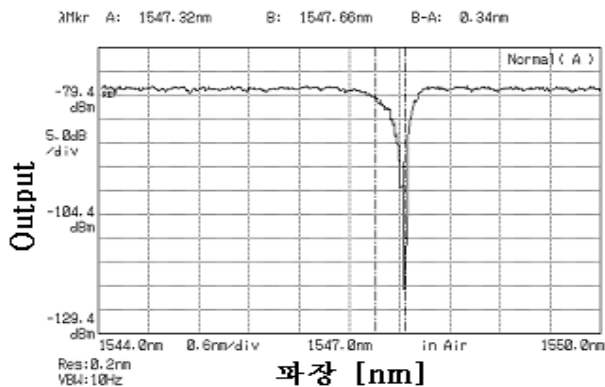


그림 5. 20Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

그림 6은 30[Kg]의 무게로 측정된 출력 단자의 스펙트럼 중심 파장은 1547.78[nm]이다. 스펙트럼의 결과로부터 초기치의 값과 비교할 때 0.46[nm] 정도 나타난 것을 알 수 있다.

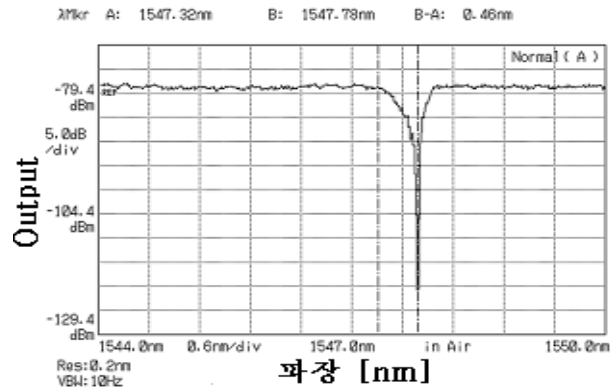


그림 6. 30Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

그림 7은 40[Kg]으로 측정된 출력 단자의 스펙트럼 중심 파장은 1548.32[nm]이며, 초기치와 비교하였을 때 1.0[nm]의 차이가 나타남을 스펙트럼을 통해서 알 수 있다.

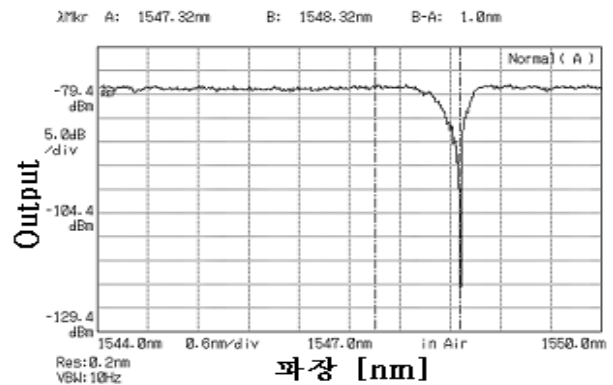


그림 7. 40Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

그림 8은 50[Kg]으로 무게로 측정된 출력 단자의 스펙트럼 특성이다. 스펙트럼의 결과로부터 중심 파장이 변화하여 1548.752[nm]에 나타남을 알 수 있으며, 초기치와 비교하였을 때 1.432[nm]의 파장 변화가 나타남을 스펙트럼을 통해서 알 수 있다. 따라서 그림 3-8까지의 결과에서 알 수 있듯이 파장의 변화가 현저하게 이동되는 현상을 스펙트럼을 통해서 관찰할 수 있다.

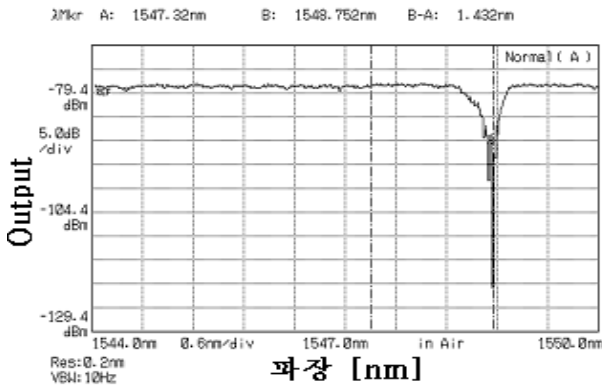


그림 8. 50Kg으로 측정된 스펙트럼 특성

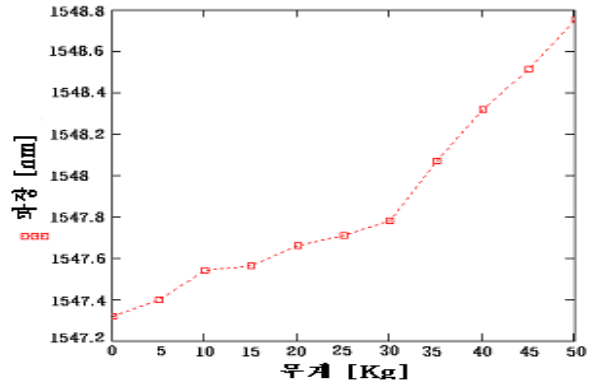


그림 9. 표 1에 의한 결과 그래프

표 1은 그림 2의 FBG 무게 측정 센서 구성도와 그림 3-8까지의 결과 데이터 값을 제시한 것이다. 표 1에서 파장 범위는 1544-1550[nm], 중심파장은 1547[nm], 초기치의 파장은 1547.32[nm]이다.

표 1. 5[Kg] 단위로 1시간 후 측정된 결과값

무게 [Kg]	파장 [nm]
	파장 범위 : 1544 - 1550[nm] 중심 파장 : 1547[nm] 초기치 : 1547.32[nm]
5	1547.396
10	1547.54
15	1547.576
20	1547.66
25	1547.708
30	1547.78
35	1548.068
40	1548.32
45	1548.512
50	1548.752

그림 9는 표 1에 의한 변화된 파장 결과값을 그래프로 표현하였다. 그림 9에서 알 수 있듯이 무게를 증가 시킴으로써, 파장의 변화가 일어남을 그래프를 통해서 알 수 있다. 따라서 그림 3부터 8까지 출력 단자의 스펙트럼 결과로부터 파장의 변화가 일어남을 확인할 수 있으며, 그림 3-8까지의 실험 데이터 값으로부터 매우 작은 선폭을 가지며, 투과 스펙트럼은 약 -40.6[dBm] 정도의 값을 가짐을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 최적의 데이터 값을 얻기 위해 질량을 5[Kg] 단위로 50[Kg]까지 변화를 주었고, 일정한 시간 간격으로 투과 스펙트럼의 파장 변화를 통해 비교, 분석하였다. 그림 3-8과 표 1의 실험 데이터 값으로부터 광통신 및 광 센서 시스템의 원활한 정보를 전송할 수 있고 많은 광통신 분야에 응용될 것으로 사료되며, 위의 실험 결과 값을 이용하여 제작하는데 활발한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Alan D. Kersey, Michael A. Davis, Heather J. Patrick, Michel LeBlanc, K. P. Koo, Member IEE E, C. G. Askins, M. A. Putnam, and E. Joseph Friebele, "Fiber Grating Sensors," *J. Lightwave Technology*, Vol 15, pp. 1442-1450, 1997.
- [2] Francis T. S. Yu, Shizhuo Yin, "Fiber Optic Sensors", Marcel Dekker, pp. 95-99, 2002.
- [3] A. Othonos and K. Kalli, "Fiber Bragg Gratings: Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing", Artech House, pp. 449-485, 1999.
- [4] M. G. Xu et al., *Electron. Lett.*, 30(13), pp. 1085, 1994.
- [5] Heather J. Patrick and Sandeep T. Vohra, "Fiber Bragg Grating with Long Period Fiber Grating Superstructure for Simultaneous Strain and Temperature Measurement", *SPIE*, Vol. 3483, pp. 264-267, 1998.