

사냥 필터를 이용한 다중 FBG센서 광신호복조기 구현

Optical interrogation of multiple FBG sensors using Sagnac filters

박재석, 이태호, 김창석, 정명영

부산대학교 나노과학기술대학 나노시스템공정공학과

myjeong@pusan.ac.kr

FBG (Fiber Bragg Gratings) Sensor용 저가의 optical signal interrogation을 위하여 다양한 Edge Filter의 구현이 시도되고 있다⁽¹⁾. 그 중 Sagnac loop interferometer 방법은 외부 물리량의 변화에 의한 FBG 중심파장의 이동을 광신호 출력 세기의 차이로 간단히 변환 해석할 수 있게 도와주는 유용한 방법으로 여겨져 왔다.

PMF (Polarization Maintaining Fiber)를 포함하는 Sagnac filter는 편광에 의한 광경로차로 인하여 파장에 따른 sinusoidal 형태의 주기적 광투과 특성을 나타낸다⁽²⁾. Sagnac loop 내의 PMF 길이를 변화시키기 위해 PMF 사이에 polarization controllers를 조절하여 측정범위와 감도가 조절 가능함을 보였다⁽³⁾. 이 방법은 단순한 복조 시스템을 제시하였지만 2 개 이상의 FBG로부터 나오는 다중 광학 신호를 구별하기 어렵기 때문에 FBG센서의 수가 제한된다. 따라서 본 연구에서는 Sagnac filter를 다수의 FBG 센서에 대하여 사용하기 위하여 Sagnac loop를 cascaded 방식으로 구성하여⁽⁴⁾ 이를 바탕으로 스펙트럼 주기를 조절할 수 있는 다중 PMF Sagnac loop filter를 사용하여 실용적인 복조 시스템을 설계하여 실험적으로 구현하였다.

PMF의 fast axis 각도를 변화시킴으로써 Lyot filter의 유효 길이를 조절할 수 있다. 스펙트럼의 주기는 PMF의 유효 길이에 반비례하므로 스펙트럼 주기의 조절이 가능하다. PMF 부분 L_1 , L_2 의 두 축 사이의 상대적인 각도가 0° 일 때 유효 길이는 $L_1 + L_2$ 이고, 수직일 때 유효 길이는 $L_1 - L_2$ 이다. 스펙트럼 주기 $\Delta\lambda$ 가 전체 beat length의 함수이므로, 2개의 가능한 channel spacing $\Delta\lambda_s$ 와 $\Delta\lambda_l$ 은 각각 $L_1 + L_2$ 와 $L_1 - L_2$ 에 반비례한다. PMF 외부에 있는 PC (Polarization Controller) 의 위상 ϕ 를 조절하여 주기적인 스펙트럼을 변화시킴으로써 파장의 기울기가 최적의 파장 위치에 따라 변하고 FBG sensing head로부터 광학 신호의 강도 변화에 따라 파장 흐름을 복조할 수 있다.

Fig. 1에서 각기 다른 길이의 PMF L_A 와 L_B 에 의한 각각 주기 $\Delta\lambda_A$ 와 $\Delta\lambda_B$ 의 Sagnac loop 필터들이 cascaded 되어 연결되었다. 이때에 $\Delta\lambda_A$ 주기의 필터는 FBG1과 FBG2의 반사파의 경로를 분리하기 위하여 설계되었고, $\Delta\lambda_B$ 주기의 필터는 FBG1만의 신호를 edge filtering 하기 위하여 위치하고 있다. 이러한 구성을 통하여 기존의 방식에서의 단점을 극복하고 다수의 FBG sensing head에 관한 복조가 가능함을 실험적으로 구현하였다.

Fig. 2에 투과 스펙트럼 T_A , T_B , T_C 와 반사 스펙트럼 R_A , 이를 결합시킨 $T_A \times T_B$, $R_A \times T_C$ 를 각각 측정

하여 나타내었다. 본 실험에 사용된 FBG의 반사 중심파장은 각각 1534.20nm와 1537.09nm이다. 이때에 효율적인 광신호 분리를 위하여 $\Delta\lambda_A$ 주기는 FBG 중심파장 차이의 2배이어야 하고, 또한 주기 $\Delta\lambda_A$ 는 $\Delta\lambda_B$ 의 짝수배가 아닌 홀수배여야 함을 알 수 있다. Fig. 3에서 분리된 광신호의 센서 동작을 실험적으로 확인할 수 있다. 결론적으로 주기와 파장의 조절이 가능한 tunable PMF Sagnac 필터를 cascade 형태로 설계함으로써 다중점 센서의 구현이 실험적으로 가능하였다.

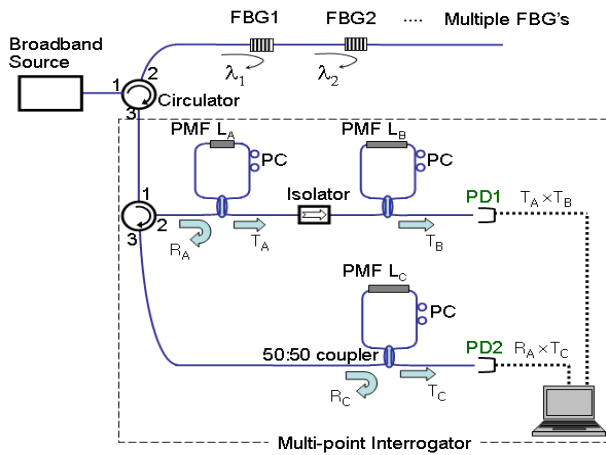


Fig. 1 Schematic configuration

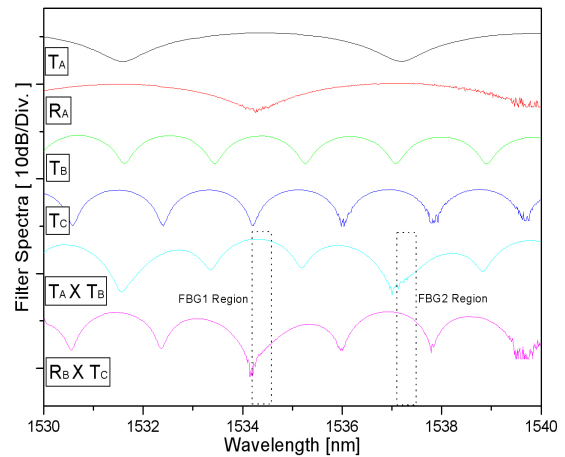


Fig. 2 Filter spectra of T_A , R_A , T_B , T_C , $T_A \times T_B$, $R_A \times T_C$

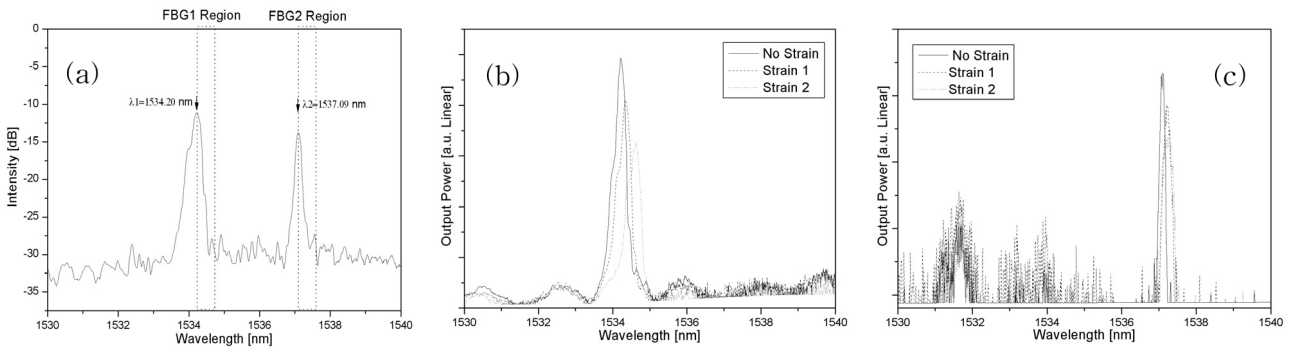


Fig. 3 (a) Reflection intensity of FBG 1 and 2
(b),(c) Interrogate spectra at the position of PD1 and PD2 with Strain variation.

Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 No. R01-2005-000-10239-0 지원으로 수행되었음

Reference

1. B. Lee, Optical Fiber Technol., Vol. 9, pp. 57-79, 2003
2. S. H. Jung, J. H. Kim, B. A. Yu and B. H. Lee, IEEE Photon. Tech. Lett., Vol. 13, pp. 1343-1345, 2001
3. C. S. Kim and J. U. Kang, Appl. Optics, Vol. 43, Iss. 15, pp. 3151-3157, 2004
4. T. H. Lee, Dongeui Univ., Academic Press (2006)