

FPI를 이용한 파장가변 광 필터 특성분석에 관한 연구

장우순*

서울호서전문학교&벨코리아(주) 광통신연구소

jws21c@naver.com

A Study on the Characteristics analysis of Optic Tunable Filter Using Fabry-Perot Interferometer

Woo-Soon Jang

Seoul Hoseo Institute of Technology & Bell Korea Co. Optical Communication Lab.

Abstract

In this thesis, We researched on the characteristics of optical tunable filter that selects the channel by the wavelength changes of transmission spectrum when we apply outer physical quantities on a fiber bragg grating by using Fabry-Perot Interferometer's operational principle.

I. 서론

현재의 광전송 방법에서의 전송량 증대를 위해서는 다양한 펄스 변조속도를 증가시키는 방향으로 연구가 이루어져 왔다.

그러나 이러한 방법으로는 수기가급 정도가 기술적 한계인 것으로 판단되며, 그 이상의 초고속 대용량의 정보전송을 처리하기 위해서는 광섬유의 넓은 전송대역 폭을 이용한 고밀도 파장분할 다중화방식(Dense Wavelength Division Multiplexing : DWDM)과 광주파수 분할 다중화방식(Optical Frequency Division Multiplexing : OFDM)이 먼저 고려된다[1].

DWDM 및 OFDM의 전송시스템에서 원하는 채널의 선택을 위해서는 빠른 속도와 높은 안정성을 갖는 주파수와 파장필터가 반드시 필요하게 되며 광필터의 성능 향상과 다양화는 광다중화방식의 발전을 가능케하는 필수적인 요소가 된다.

광필터는 크게 패브리-페렛형과 도파로형[2]으로 구분되는데 도파로형은 제작공정의 다양 화와 집적화의 장점에도 불구하고 도파로 자체의 손실과 광섬유와의 결합손실, 편광 의존성 등의 단점이 있기에 이의 개선을 위한 연구가 지속적으로 진행되고

있다.

광섬유형 패브리-페렛 필터는 미리 코팅된 광섬유 단면 사이에서 일어나는 간섭현상을 이용한 것으로 파장 선택기능 외에 광섬유 증폭기의 출력단의 잡음 제거와 가스 및 진류 광센서로의 응용에 대해서도 많은 연구결과들이 발표되고 있다[3, 4].

본 논문에서는 광섬유 패브리-페렛 간섭계를 이용하여 파장가변을 이용한 광필터의 특성에 대하여 비교분석하였다.

II. Fabry-Perot Interferometer(FPI) 이론

패브리-페렛 간섭계는 그림 2-1과 같이 광섬유 내에 두 개의 평면 반사경을 일정한 간격으로 평행하게 맞추어 놓으면, 특정주파수의 전자파가 공진하게 되는데 이것을 패브리-페렛 에타론(etalon) 또는 패브리-페렛 공진기라 한다.

그림 2-1과 같이 반사면의 반사율이 각각 R_1 , R_2 인 간섭계에서, 반사율이 1보다 훨씬 작고 두 반사면의 거리가 수 cm 이내로 작은 경우, 반사율은 다음과 같이 간략하게 나타낼 수 있다[5].

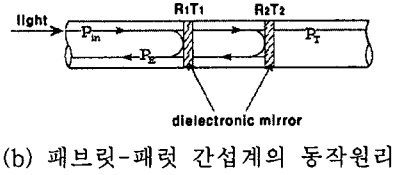
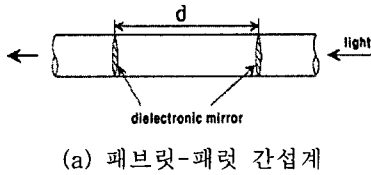


그림 2-1. 패브리-페롯 간섭계의 구조와 동작원리
Fig. 2-1 The structure and principles of Fabry-Perot's interferometer

$$R = R_1 + R_2 = 2\sqrt{R_1 \cdot R_2} \cos \phi \quad (2-1)$$

여기서, R_1, R_2 은 반사면의 반사율이며, 간섭계의 광 위상차 ϕ 는 식 (2-2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi = \frac{4\pi \cdot n \cdot d}{\lambda} = \frac{4\pi \cdot n \cdot d \cdot \nu}{c} \quad (2-2)$$

식 (2-2)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$\phi = \frac{d}{\lambda} = d \frac{\nu}{c} \quad (2-3)$$

식 (2-2)과 (2-3)에서 n 은 간섭계의 유효 굴절률이며, d 는 두 반사면 사이의 거리를 의미하며, ν 은 광 주파수이고, c 는 자유공간에서의 빛의 속도이다. 이러한 광섬유 패브리-페롯 간섭계를 필터 또는 센서로 응용할 경우 광 위상차 ϕ 의 인자 n, d, ν 의 변화를 이용하여 온도, 압력, 응력 등의 물리적 변화량을 감지할 수 있다.

III. 광섬유 격자의 반사특성

파장가변형 광 필터의 반사특성을 알아보기 위해 균일한 광섬유 격자를 식 (3-1)을 이용하여[6] 수치 해석 한 결과를 그림 3-1에 나타내었다. 이 때 광섬유 격자의 변수 값들은 코어반경 $2.625\mu m$, 클래딩 반경 $62.5\mu m$, 코어굴절률 1.458, 클래딩굴절률 1.45, 격자길이 25mm, 격자주기 $0.53\mu m$ 이며, 코어의 재질은 게르마늄이 도핑된 광섬유 격자를 사용하였다.

$$R = \frac{\sinh^2 \sqrt{(xL)^2 - (\xi + L)^2}}{-\frac{\xi^+}{x^2} + \cosh^2 \sqrt{(xL)^2 - (\xi + L)^2}} \quad (3-1)$$

그림 3-1에서 확인 할 수 있듯이 파장범위 1540nm에서 1560nm의 입력 광 신호 중 약 1548nm 파장의 신호가 광섬유 격자에 의해 투과되고 나머지 신호는 입력단으로 반사되는 모습을 나타낸다.

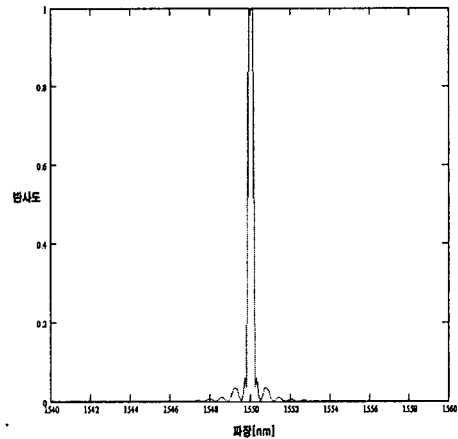


그림 3-1. 광섬유 격자의 반사 특성
Fig. 3-1 The reflective characteristic of the fiber Bragg grating.

IV. 시뮬레이션 및 결과고찰

외부물리량의 변화에 따른 전송과 반사파장의 변화를 고찰하기 위해 III에서 제시한 식 (3-1) 그리고

$$\Delta \lambda_{BT} = \lambda_B \left(\frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial T} + \frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial T} \right) \Delta T \quad \text{온도변화}$$

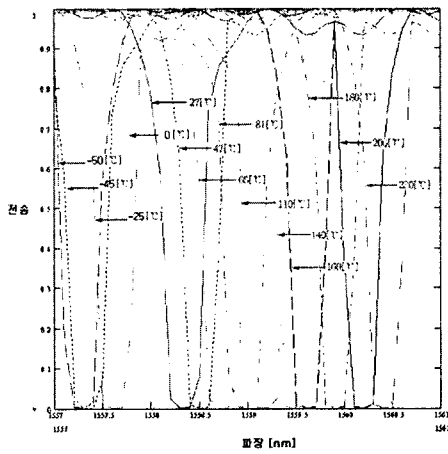
식과 스트레인에 의한 변화식

$$\Delta \lambda_{BS} = \lambda_B \left(\frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial l} + \frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial l} \right) \Delta l \quad [6] \text{을}$$

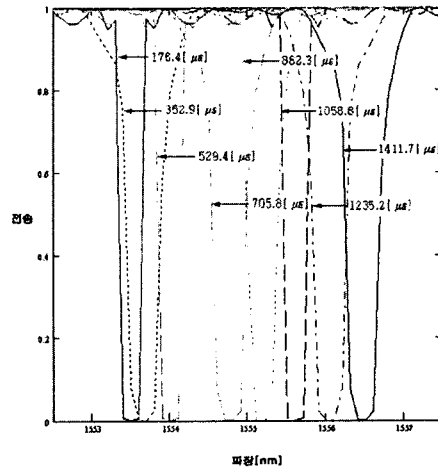
Mathcad 2000 프로그램으로 시뮬레이션하여 가해진 온도 즉, 27°C를 기준으로 -50°C에서부터 230°C까지 온도를 변화시킨 후 이에 따른 결과 전송스펙트럼

파장이동과 가해진 스트레인 즉, 0[$\mu\epsilon$]에서부터 1411.7[$\mu\epsilon$]에 따른 전송스펙트럼의 이동을 그림 4-1에 나타내었다.

또한 온도와 스트레인의 영향에 따른 중심파장 변화를 고찰하기위해 수치해석 하여 그림 4-2에 나타내었으며, 그림 4-1, 그림4-2의 결과로부터 온도 및 스트레인의 변화에 따라 주기적으로 전송스펙트럼의 파장 및 중심파장이 변하는 것을 알 수 있다.



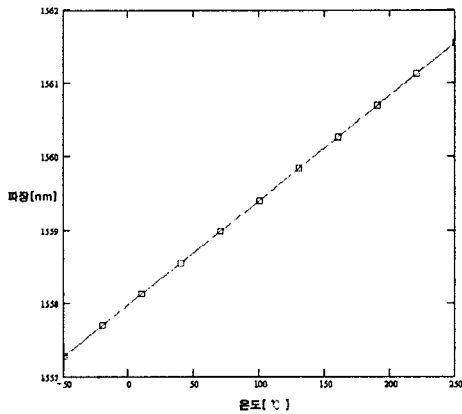
(a) 온도변화에 따른 전송스펙트럼



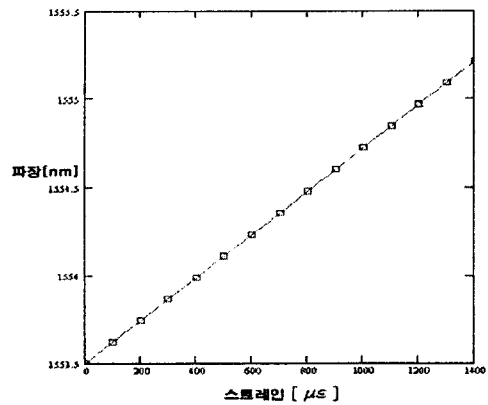
(b) 스트레인 변화에 따른 전송스펙트럼

그림 4-1 온도 및 스트레인 변화에 따른 전송스펙트럼

Fig. 4-1 The test result of transmission spectra against Temperature & Strain



(a) 온도에 따른 중심파장의 변화



(b) 스트레인에 따른 중심파장의 변화

그림 4-2 온도 및 스트레인 변화에 따른 중심파장의 변화

Fig. 4-2 The test result of wavelength against Temperature & Strain.

V. 결 론

본 논문은 패브릿-패럿 간섭계의 동작원리를 이용하여 광섬유 격자에 외부물리량을 가할 때 이에 따른 전송스펙트럼의 파장변화를 이용하여 원하는 채널선택을 목적으로 하는 파장가변 광 필터의 특성에 대하여 고찰하였다.

따라서 본 논문에서 얻은 데이터를 고밀도파장 분할다중화방식 및 주파수 분할다중화방식 등의 전송 시스템에 적용 응용할 경우 원하는 채널 선택을 위한 빠른 속도와 안정성을 갖는 주파수 및 파장가변 광 필터로써의 활용가치가 높을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] H. Toba, K. Oda, K. Nakanishi, N. Shibata, et al., "A 100-Channel Optical FDM Transmission/Distribution at 622Mb/s over 50km," *J. of Lightwave Technology*, vol. 8, no. 9, pp. 1396-1401, 1990.
- [2] S. R. Mallinson, "Wavelength-Selective Filters for Single-Mode Fiber WDM Systems Using Fabry-perot Interferometer," *Applied Optics*, vol. 26, no. 3, pp. 430-436, 1987.
- [3] J. Stone, "Optical-Fiber Fabry-Perot Interferometer with Finesse of 300," *Electronics Letters*, vol. 21, no. 1, pp. 504-505, 1985.
- [4] 김윤중, 김창해, 김명진, 윤대원, "WDM 전송용 광섬유 Fabry-Perot 가변 광필터의 제작 및 특성 분석", 대한전자공학회, 제35권 D편 제3호, pp. 282-292, 1998
- [5] S. V. Kartalopoulos, "Introduction to DWDM Technology", IEEE Press, 2000.
- [6] Yariv, A. 1985. *Introduction to optical electronics*. New York: Holt, Reinhart and Winston.