

# 광학적 위상 가변기를 갖는 위상 천이된 광섬유 브래그 격자 기반의 광 시간 지연 간섭계 구현

## Phase Shifted Fiber Bragg Grating-Based Optical Delay Interferometer with Optically Controllable Phase Shifter

(1)김태영, (2)Masanori Hanawa, (3)김선중, (4)한수옥, (5)김운현, (1)한백상, (1)한원택, (1)박창수  
 (1)광주과학기술원, (2)Univ. of Yamanashi, (3)한국정보통신기술협회, (4)한국광기술원, (5)LG화학 연구소  
 csp@gist.ac.kr

광 시간 지연 간섭계는 광센서 시스템, 차동위상편이 신호 복조기 등 많은 분야의 핵심 광소자이다. 일반적으로 광 시간 지연 간섭계는 광 지연선을 갖는 마흐-젠더 간섭계(MZI)가 주로 사용되어 왔다 [1]. 그러나 MZI는 외부 환경에 매우 민감하기 때문에, 부가적인 보상회로들이 필요하고, 정교한 시간 지연선 구현이 힘들다는 단점이 있다.

한편, 위상 가변기는 외부 환경에 의해 변화된 간섭계의 위상을 보상해주거나 입력 광신호의 파장 변화에 따른 위상 에러를 보상해주기 위해서 광 시간 지연 간섭계의 필수적 기능이다.

본 논문에서는 위상 천이된 광섬유 브래그 격자와  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  첨가된 광섬유를 이용하여 광학적 위상 가변기를 갖는 시간 지연 간섭계를 제안하고 실험적으로 구현하여 그 성능을 검증한다. 제안된 복조기는 구조적으로 매우 작으며, 보편화된 광섬유 격자 기술을 기반으로 하고 있기 때문에 매우 정교한 시간 지연을 구현할 수 있으며, 저가로 제작이 가능한 장점을 갖는다. 또한 광학적 위상 가변기로부터 빠르고 정교한 위상 조절 기능을 얻을 수 있다 [2].

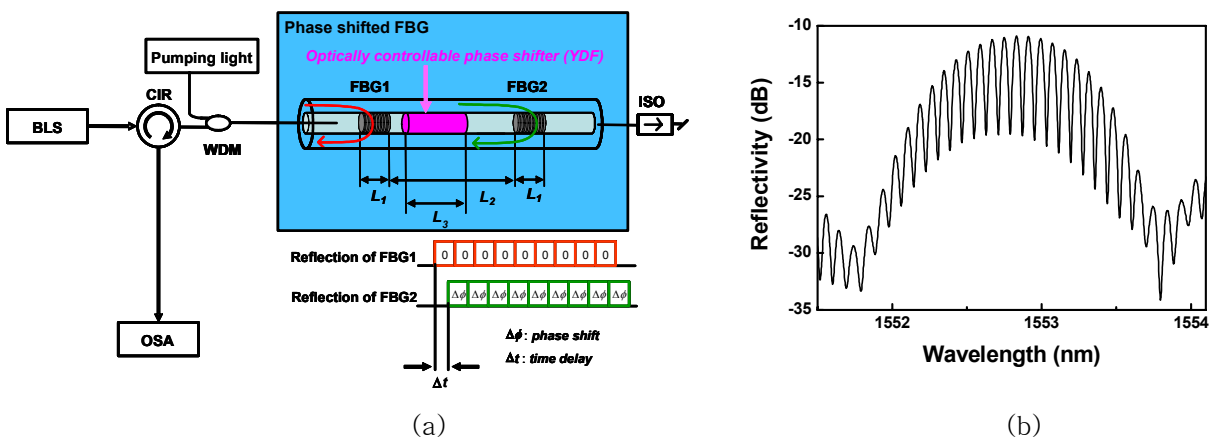


그림 1. (a) 동작원리 및 실험구성도, (b) 광 시간 지연 간섭계의 광 스펙트럼.

그림 1 (a) 는 제안된 간섭계의 동작 원리 및 실험구성도이다. 제안된 간섭계는 두 개의 내부 광섬유 브래그 격자 (FBG)와  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  첨가된 광섬유(YDF)로 이루어져 있다.  $L_1$ 의 길이를 갖는 두 개의 내부 FBG는  $L_2$ 의 간격을 갖고 일렬 배열된다. 광 신호는 광 서클레이터를 통해 입력된다. 입력된 광 신호의 일부는 첫 번째 FBG (FBG1) 에 의해 반사되고, 통과된 나머지 광 신호는 두 번째 FBG (FBG2) 에 의해 다시 반사가 된다. 이 때 FBG2에 의해 반사된 광 신호는 FBG1에 의해 반사된 광 신호와 YDF에서

조절된 만큼 위상이 차이가 나고, 일정량의 시간 지연을 갖게 된다. 이 때 시간 지연량,  $\Delta t$ , 와 위상 차이,  $\Delta\phi$ , 는 아래 수식에 의해서 계산된다.

$$\Delta t = \frac{2((n_0 + \delta n_1)L_1 + n_3L_3 + n_0(L_2 - L_3))}{c}$$

$$\Delta\phi(\lambda) = \frac{2\pi((c\Delta t) \bmod \lambda)}{\lambda}$$

$$= \frac{2\pi(((n_0 + \delta n_1)L_1 + n_3L_3 + n_0(L_2 - L_3)) \bmod \lambda)}{\lambda},$$

여기서  $c$  는 진공 속의 빛의 속도,  $n_0$  와  $n_3$  는 각각 광섬유의 유효 굴절률과 YDF의 유효굴절률,  $\delta n_1$  는 FBG1의 유효 굴절률 변화,  $a \bmod b$  는  $a/b$  의 나머지이다.

그림 1 (b)는 제안된 ODI의 성능을 검증하기 위해서 샘플( $L_1=1$  mm,  $L_2=9.25$  mm)로 제작된 ODI의 광 스펙트럼이다. 샘플로 제작된 ODI의 계산된 시간 지연량은 100ps 이며, 이 시간 지연에 해당하는 0.08 nm 간격의 간섭 패턴을 관찰할 수 있었다.

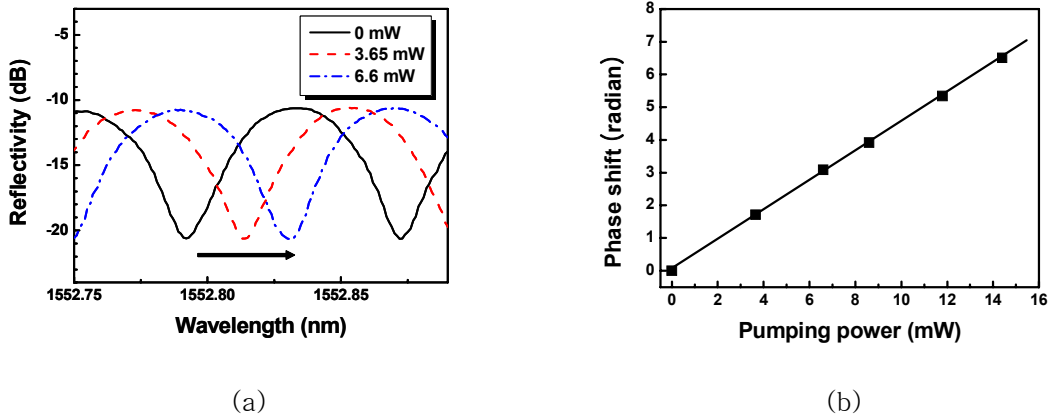


그림 2. (a) 펌핑 파워에 따라 ODI의 확대된 광 스펙트럼, (b) 펌핑 세기에 따른 위상 변화량.

펌핑 파워가 증가함에 따라, 간섭패턴은 장파장으로 움직이며 (그림 2 (a)), 이는 YDF의 굴절률 변화 때문에 지연된 신호, 즉 FBG2로 반사된 신호의 위상이 변화하는 것을 의미한다. 변화된 광 스펙트럼양을 이용하여 위상의 변화량을 구할 수 있으며, 그 결과를 그림 2 (b)에 보였다. 펌핑 세기에 따라 위상은 선형적으로 증가하는 것으로 나타났으며,  $\pi$ 위상 변화에 대한 펌핑 광의 세기는 약 7 mW로 비교적 적은 펌핑 파워량으로 위상 가변기를 조절할 수 있었다.

본 논문에서는 위상 천이된 광섬유 브래그 격자와  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  첨가된 광섬유를 이용하여 광학적 위상 가변기를 갖는 광 시간 지연 간섭계를 제안하고 실험적으로 구현하였다. 또한 위상 가변기는 펌핑 광의 세기가 증가함으로써 선형적으로 위상이 가변되는 것을 실험적으로 검증하였다.

본 연구는 BK-21 사업의 일부 지원으로 수행되었습니다.

## References

1. E. Swanson *et al*, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 6, pp. 263-265 (1994).
2. J. W. Arkwright *et al*, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 8, pp. 408-410 (1996)