

# 단주기 광섬유 격자가 새겨진 비선형 광섬유를 이용한 전광식 스위치 개발

## Development of All-optical Switch Using a Nonlinear Optical Fiber with Fiber Bragg Grating

주성민, 박상구\*, Pramod R. Watekar, 한원택

광주과학기술원 정보통신공학과/광과학기술학제학부, \*(주) 옵토네스트 광통신연구소  
wthhan@gist.ac.kr

최근 장거리 전송 시스템, 전광식 시그널 프로세서, 광섬유 센서 시스템, 레이저 시스템, 그리고 OTDR(Optical time domain reflectometer)과 같은 계측 장비 등에서 응답속도가 짧으며, 높은 파워에서도 사용 가능한 전광식 스위치의 개발이 주목받고 있다. 특히, 전광식 스위치는 기존의 능동 및 수동 소자의 활용 없이 고효율의 짧은 펄스를 형성할 수 있으므로 다양한 분야에서 활용이 가능하다.

기존의 광 스위치는 Micro-electro mechanical system(MEMS), Electro-absorption modulator(EM), Saturable absorber 등을 활용하여 많은 종류가 개발되었다.<sup>(1-3)</sup> 그러나 펄스폭 및 빔 특성의 저하, 높은 광손실 등으로 경제적이지 못하며, 능동 및 수동 소자 등의 광부품 활용에 의한 점렬의 오차로 인한 제작 공정의 난제, 기계적 재현성 향상 문제, 제품의 고가화 등으로 인한 상용화의 한계를 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 광 스위치 제작에 있어 가장 중요시 되는 삽입 손실의 최소화, 광신호 잡음비(Optical signal-to-noise ratio, OSNR) 향상, 높은 광학적 재현성, 그리고 활용 및 제작 공정의 단순화를 만족시키는 전광식 스위치를 제안하였다. 이는 펄스폭하는 광세기에 따라 광섬유의 굴절률과 부파 특성이 변하는 비선형 광섬유 내에 광섬유 단주기 격자(Fiber Bragg Grating, FBG)를 형성하여, 펌프광의 변조를 통해 입력 광파워를 광섬유 단주기 격자에 의한 반사 특성을 이용하여 특정 파장에서 On/Off 시킴으로써 광신호의 스위칭을 구현하였다.

빠른 응답 특성 및 우수한 비선형 특성을 갖는 비선형 광섬유를 변형된 용액 첨가법(Modified Solution Doping Method)과 MCVD(Modified chemical Vapour Deposition)공정을 이용하여 제조하였다. 광섬유의 코어 영역에는 비선형 특성을 부여하기 위해  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  이온을 첨가하였으며, DT(Draw Tower)를 통해 2000℃의 고온에서 광섬유를 인출하였다. 인출된 비선형 광섬유 코어 직경은 약 4.6 $\mu$ m이고 차단 파장은 1.05 $\mu$ m였다. 그리고 입력광의 일부가 클레딩 모드와 결합하거나 반사하여 광손실을 발생시키는 광섬유 단주기 격자는 비선형 광섬유를 수소가스 처리하여 광민감성을 부여한 후, KrF Excimer Laser ( $\lambda=248$ nm)와 Phase mask를 이용하여 1550nm 부근의 파장에서 왕반사율, 격자 길이( $d$ ), 그리고 반가폭이 각각 약 11dB, 1cm, 그리고 0.17nm인 단주기 광섬유 격자를 형성하였으며, 어닐링 처리를 하여 광민감성 증대를 위해 광섬유 코어로 확산 유입된 수소를 제거하였다.<sup>(4)</sup>

광섬유의 비선형 광특성과 단주기 광섬유 격자의 특성을 이용한 전광식 스위치는 Fig. 1과 같은 시스템으로 구현하였으며, LD의 펌프광 세기(0mW~250mW) 및 모듈레이션을 달리하며 특정 파장에서 펌프광 파워변화에 따른 스위칭 기능을 측정하기 위해 단주기 격자가 새겨진 비선형 광섬유의 양단에는 WDM coupler를 음착하여 Tunable laser source(TLS) 및 Amplified spontaneous emission(ASE) source 와 펄스 광원(LD at 976nm), 그리고 Optical spectrum analyzer(OSA) 및 Oscilloscope를 연결하였다.

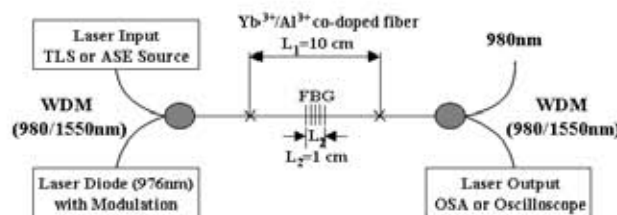


Fig. 1. Schematic diagram of the all-optical fiber switch using a nonlinear optical fiber with FBG.

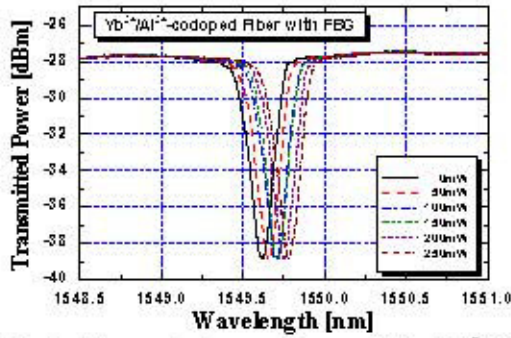


Fig. 2. Typical transmission spectrum of the  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  co-doped nonlinear optical fiber with the FBG upon pumping with the LD at 976nm.

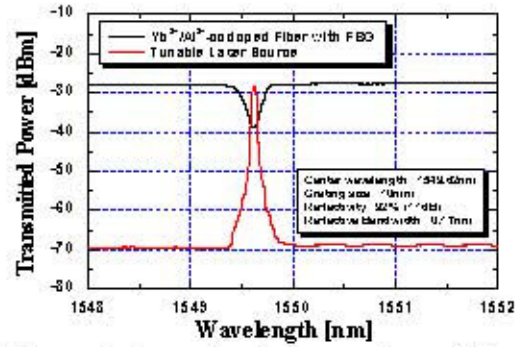


Fig. 3. Transmission and emission spectrum of the  $Yb^{3+}/Al^{3+}$  co-doped nonlinear optical fiber with the FBG and the TLS, respectively.

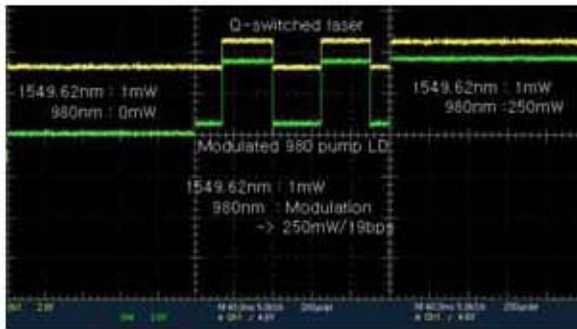


Fig. 4. Oscilloscope trace of the laser output using all-optical fiber switch with 976nm pump LD modulation

LD 펌프광의 세기에 따른 광섬유 단주기 격자가 새겨진 비선형 광섬유의 투과 스펙트럼의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. LD 펌프광 세기가 0mW에서 250mW로 증가할 때 단주기 격자 특성에 의해 1549.62nm의 중심파장에서 투과율이 급격히 감소하여 최대 11dB의 반사치를 나타내어 약 92%의 광파워 감소효과를 나타내었다. LD 펌프 광세기의 증가에 따른 공진 파장의 반가폭은 0.17nm로 일정하게 유지되었다.

Fig. 3은 제작된 전광식 스위치의 테스트를 위해 비선형 광섬유에 제작된 광섬유 단주기 격자의 중심파장인 1549.62nm와 일치하게 TLS를 이용하여 약 1mW의 출력파워와 동일한 파장의 레이저 발진 파장을 설정하여 그 투과 및 방출 스펙트럼을 측정된 결과이다. 이를 이용하여 설정된 연속파의 TLS를 제작된 전광식 스위치를 이용하여 펄스형 레이저로 변환하였으며, Fig. 4에 LD 펌프 파워의 On/Off 및 모듈레이션에 따른 Oscilloscope trace와 연속파로 입력된 광신호가 펄스파로 변환된 Oscilloscope trace를 나타내었다. 그리고 0mW~250mW로 펌프 LD를 19bps로 모듈레이션을 수행한 결과, 연속파의 TLS 입력 신호가 펌프 LD 모듈레이션 속도와 동일한 펄스파로 변환되었다. 이는 제작된 전광식 스위치가 효과적으로 연속파의 레이저 소스를 펄스파로 변환된 것을 의미하며, 스위칭 속도는 최소 52.6ms를 갖는 것을 의미한다. 이러한 LD 펌프광 세기의 모듈레이션에 따른 전광식 스위치는 비선형 광섬유의 굴절률 증가에 기인한 것이며, 광세기가 증가함에 따라 굴절률의 변화가 증가하기 때문이다.<sup>(4)</sup> 따라서 비선형 특성 및 응답 특성이 다른 비선형 광섬유를 사용하면 보다 효율적이며, 빠른 응답 특성을 갖는 전광식 스위치를 개발할 수 있다.

본 연구에서 제안된 전광식 스위치는 단주기 광섬유 격자에 의해 형성되는 공진 파장에서의 광반사 특성과 외부 LD 펌프 파워에 따라 광섬유의 굴절률과 투과 특성이 변하는 광섬유의 비선형 광특성을 이용한 것으로 250mW의 LD 펌프 파워로 입력되는 광파워를 약 92% 값으로 전환하여 출력시켰으며, 최소 52.6ms의 스위칭 속도를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 공동핵심기술개발사업, 광주과학기술원 과학기술융용연구소의 실용화연구개발사업 및 두뇌한국-21, 부산대학교 국가핵심연구 센터(NCRC)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. Y. Tsuyoshi *et al*, *Jpn. J. of Appl. Phys.*, Vol. 43, Issue 8B, pp. 5824-5827 (2004).
2. M. Suzuki *et al*, *Electron Lett.*, vol. 28, no. 11, pp. 1007-1008 (1992)
3. V. N. Philippov *et al*, *IEEE Photon. Tech. Lett.*, Vol. 16, pp. 57-59 (2004)
4. S. Ju *et al*, *OECC/IOOC 2007*, pp. 254-255 (2007)