

Ti이 확산된 주기 분극 LiNbO₃ (Ti:PPLN) 도파로를 이용한 전광 파장변환

All-Optical Wavelength Conversion in Ti diffused Periodically Poled LiNbO₃ (Ti:PPLN) Waveguides

이영락, 정창수, 노영철, 이종민, H. Suche*, W. Sohler*
광주과학기술원 고등광기술연구소, *University of Paderborn (Germany)
laks@apri.kjist.ac.kr

Wavelength Division Multiplexed (WDM)과 Time Division Multiplexed (TDM) 광 네트워크에서 전광 파장변환은 미래 초고속통신의 핵심 기술이다. 파장변환장치는 정보 소통량 관리에 유연성을 부여함과 동시에 광 네트워크의 동적 재구성을 용이하게 한다. 최근에 주기적 분극을 가진 LiNbO₃ 도파로를 이용한 몇몇 파장변환실험들이 성공적으로 수행됨으로써, Difference Frequency Generation (DFG)와 같은 2차 비선형 분극을 이용한 파장변환 장치에 대한 관심이 증대되고 있다. PPLN 도파로를 이용한 파장변환기의 경우, 변환효율이 data의 속도나 형태에 독립적이고, 낮은 cross talk과 광통신 파장대역에서 높은 투과도등, 광섬유 통신에서 요구되는 많은 조건들을 충족시킬 수 있다. 본 발표에서는 compact하고, 편광에 독립적인 Ti:PPLN 도파로 파장변환기를 이용하여 40Gbit/s data 신호를 에러없이 500 km의 non zero dispersion-shifted (NZDS) fiber에서 성공적으로 파장 변환 전송된 결과를 발표한다.

0.5 mm 두께, 4" 직경을 가진 Z-cut LiNbO₃ 웨이퍼에 X-축을 따라 폭 7 μm 의 Ti-stripe를 사진식각기술을 이용하여 만든 다음, 8.5 시간동안 1060°C에서 확산시켜 채널1형 도파로를 제작하였다. 이후, 16.6 μm 의 주기적 분극을 liquid electric technique을 이용하여 만들었다.⁽¹⁾ 도파로의 endface는 signal 광 (P_s)와 fundamental 광 (P_f)을 endfire coupling 시킬수 있게 연마한 후, 무반사 코팅을 하였다. Ti:PPLN과 광섬유가 열적으로 분리된 형태의 endfire coupling은 Ti:PPLN의 온도를 200°C 까지 허용하였기 때문에 photorefractive 효과를 최소화 하는 장점이 있다. 제작된 Ti:PPLN 파장변환기의 fiber to fiber insertion loss는 TM 편광모드에서 -5 dB 였다.

그림 1은 Ti:PPLN을 이용한 단일 파장변환을 보여주는 스펙트럼이다. 두개의 Extended Cavity Laser (ECL)을 사용하여, 첫 번째 ECL을 P_f로, 두 번째 ECL를 P_s로 이용하였다. 파장변환은 Cascaded Difference Frequency Conversion (cDFG) 방법으로 이루어졌으며, 간단히 다음과 같이 설명할 수 있다. 1556.1 nm의 P_f가 Ti:PPLN 파장변환기에 입사하여 778.05 nm의 Second Harmonic Generation (SHG)를 만들고, 이 만들어진 SHG 광은 1559.8 nm의 P_s와 DFG 과정을 거쳐 그림 왼쪽의 idler 신호 (P_i)를 재생하였다. P_s에서 P_i로의 파장변환 효율은 175 mW의 P_f에서 -8 dB 였다. 이 모든 과정은 에너지와 운동량(위상) 보존이 되는 조건에서 이루어진다. 그림 2는 다중 파장변환의 결과 스펙트럼이다. 하나의 ECL과 두개의 DFB 레이저 그리고 10 GHz (FWHM : 4.5 ps) fiber mode-lock 레이저를 P_s로 사용하여, 동시에 이 4개의 P_s를 파장 변환시켰다. 변화 효율은 약 -10 dB 정도였고, 파장변환 대역폭은 55 nm 였다. 그림에서 Fiber-Laser의 P_s와 P_i의 스펙트럼 모양을 비교해 보면 P_f를 기준으로 대칭형임을

볼 수 있는데, 이는 Ti:PPLN 파장변환기를 mid-span에 사용할 경우, 분산 보상기로 사용할 수 있음을 보여준다.

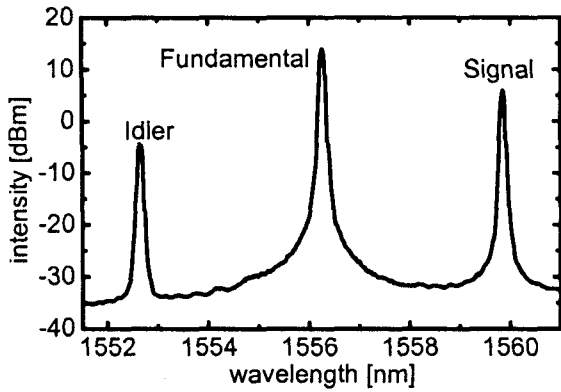


그림 1 단일 파장 변환

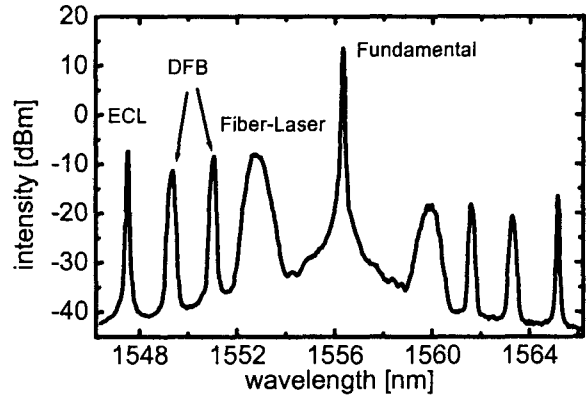


그림 2 다중 파장 변환

그림 3은 편광에 독립적인 Ti:PPLN 도파로 파장변환기를 이용하여 40 Gbit/s data 신호를 에러없이 500 Km inline (dispersion managed WDM system)에서 전송한 실험의 장치도와 파장변환 후와 변환된 파장을 200 km 전송 시킨 후의 eye diagram을 보여 준다. Bit-error-ratio (BER) 측정 결과, 4 channel (3 channel + 파장변환된 1 channel)의 40Gbit/s 신호가 에러없이 500 km의 NZDS fiber를 통하여 전송 되었음을 확인할 수 있었다.

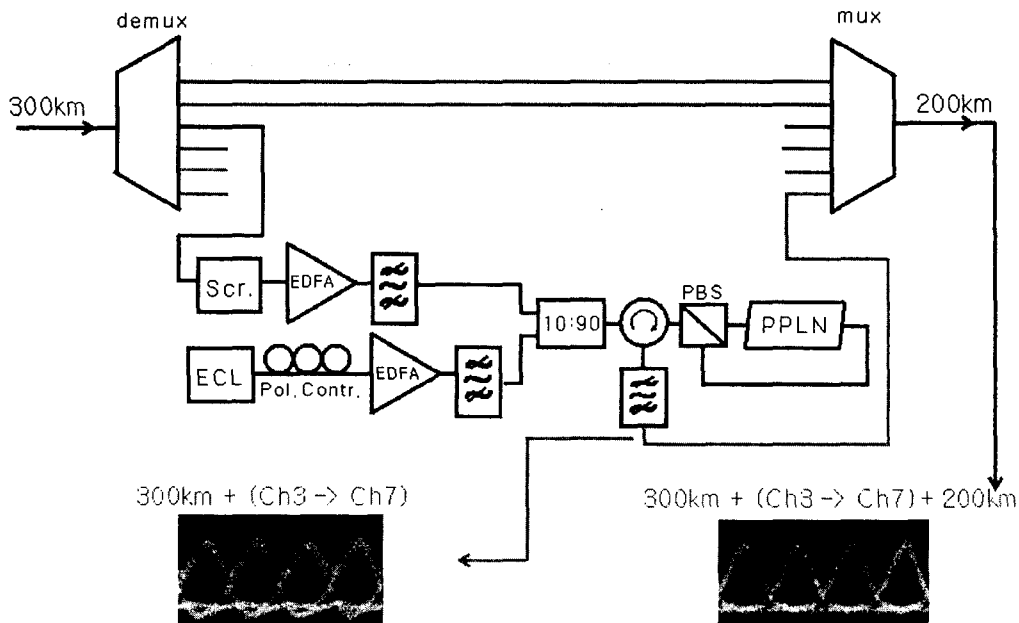


그림 3 Ti:PPLN 도파로를 이용한 500 Km 전송 실험 장치도

[1] G. Schreiber, H. Suche, Y. L. Lee, W. Grundkter, V. Quiring, R. Ricken, and W. Sohler, *Appl. Phys.B*, vol. 73, pp. 501-504, 2001.