

광대역 어븀첨가 광섬유 링 레이저에서 등 간격 채널가변 연구

Study of ITU-T grids channel selection in broadband erbium doped fiber ring laser

유한영, 이원규, 문한섭, 서호성, 이동한*

한국표준과학연구원 광기술부 길이그룹, *충남대학교 물리학과

hyryu@kriss.re.kr, hssuh@kriss.re.kr

1. 서론

다양한 파장영역에서 동작하는 광섬유 레이저는 kW 이상 높은 출력과 넓은 파장가변특성^[1] 및 좁은 선폭^[2]을 가지고 있어, 광통신 및 각종 소자테스트 및 레이저 가공, 바이오광학 등 무수히 많은 응용성을 가지는 광원으로 각광 받고 있다.

본 논문에서는 가장 널리 알려진 어븀첨가 광섬유 증폭기에 대한 모델링을 통한 증폭특성을 알아보고, 어븀첨가 광섬유를 이득매질로 하여 최적화된 길이를 설정하여 링 레이저를 제작하였다. 또한, 광섬유 레이저가 단일모드 특성을 가지고 파장을 등 간격으로 가변 할 수 있도록 광섬유 링 공진기 내부에 ITU-T 그리드^[3] 에탈론 필터와 흡수필터를 삽입하고 이득매질의 길이조절을 통해 출력평탄도 및 가변 영역을 최적화하였다.

2. 광섬유 증폭기 및 레이저의 최적화 길이 및 출력스펙트럼

높은 도핑농도를 가지는 증폭매질을(ex. 어븀첨가 광섬유) 사용하여 광섬유레이저를 제작할 경우 pair-induced quenching 효과^[4]에 의해 출력평탄도가 나빠지는 문제가 발생한다. 따라서 넓은 영역에 걸쳐 파장이 가변되고 출력이 평탄한 어븀 첨가된 광섬유 링 레이저를 제작하기 위해서는 이득매질의 길이 선택이 중요하다. 길이에 따른 펌프의 흡수길이 및 입력신호의 출력(증폭)특성을 알아보기 위해 아래의 비율 및 전파 방정식을 이용하여 증폭기의 이득특성을 예측할 수 가있다.

$$\frac{\partial N_2(z, t)}{\partial t} = \frac{\sigma_{ak}\Gamma_k P_k}{a_{eff}h\nu_k} N_1(z) - \frac{\sigma_{ek}\Gamma_k P_k(z)}{a_{eff}h\nu_k} N_2(z) - \frac{N_2(z)}{\tau_{sp}}, \quad N_t(z) = N_1(z) + N_2(z)$$

$$\frac{dP_{p,s}(z)}{dz} = [\sigma_{p,s}^e N_2(z) - \sigma_{p,s}^a N_1(z)]\Gamma_{p,s} P_{p,s}(z) - \alpha_{p,s} P_{p,s}, \quad \tau_{sp} : \text{life time}, \nu_k : \text{channel frequency}$$

$$\frac{dP_{ASE}^{\pm}(z)}{dz} = \pm[\sigma_{\nu_j}^e N_2(z) - \sigma_{\nu_j}^a N_1(z)]\Gamma_s P_{ASE}(z) \pm N_2 \sigma_{\nu_j}^e \Gamma_s h\nu_j \Delta\nu_j, \quad \Gamma : \text{overlap factor}$$

$\sigma^{a,e}$: cross section absorption & emission, $P_{p,s,ASE}$: pump, source, ASE power, a_{eff} : effective area

위의 비율 및 전파방정식의 연립미분방정식을 풀고 이득매질의 길이 및 펌프파워에 따른 신호광의 이득 특성을 모델링을 통해 해를 구하면 광증폭기 및 광섬유 링 레이저의 제작에 용이하게 적용할 수가 있다. 그림 1과 2는 신호광 1550 nm (C-band) 및 1600 nm (L-band)에서 이득매질의 길이에 대한 펌프광 (980 nm)의 흡수와 신호광의 출력을 모델링을 통해 나타낸 그림이다. 사용된 Er^{3+} 농도는 $2.65 \times 10^{25} \text{m}^{-3}$ 이고 코어 반경은 $0.96 \mu\text{m}$, 1530 nm 파장에서 17.1 dB/m의 최대 흡수특성을 가진다. 펌

프광이 증폭매질의 길이를 따라 감소할 때 신호광은 증가함을 알 수가 있다. 그림 3과 4는 C-band 및 L-band에서 펌프출력에 따른 최적화된 광섬유의 길이를 역시 모델링을 통해 나타낸 그림이다. 결과에서 같이 같은 입력 신호에 대해 L-band 신호를 증폭하는 데는 C-band에 비해 약 4 배 길이의 이득매질이 필요함을 알 수가 있다. 이렇게 전산시뮬레이션으로 얻어진 데이터를 바탕으로 광섬유증폭기의 최적화된 모델링뿐만 아니라 적절한 길이를 예측함으로써 광섬유 링 레이저 제작을 최적화 할 수 있었다.

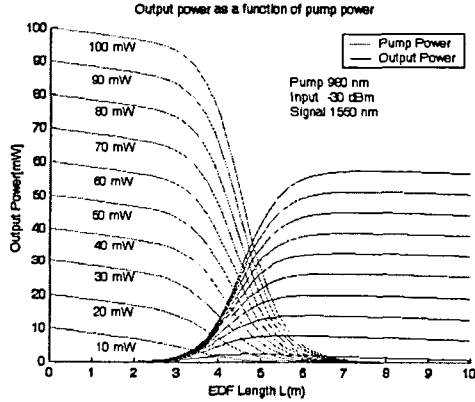


그림 1 C-band 에서 길이에 따른 입력신호에 대한 펌프 및 신호광의 출력 변화

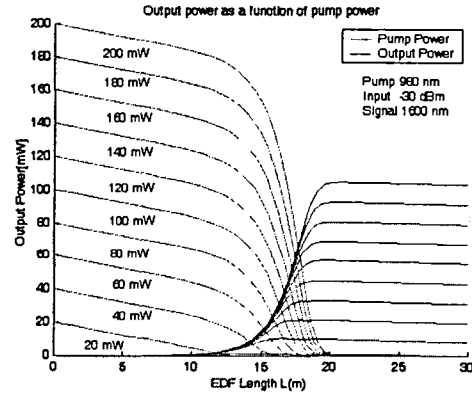


그림 2 L-band 에서 길이에 따른 입력신호에 대한 펌프 및 신호광의 출력 변화

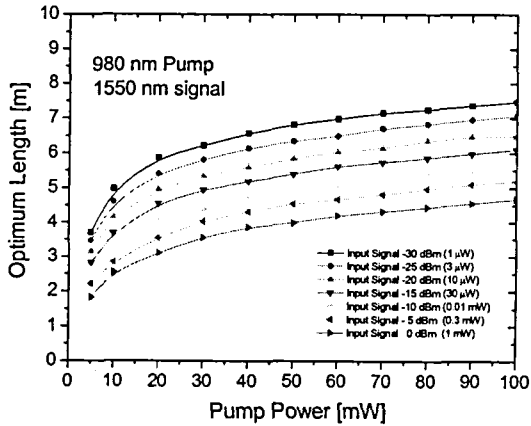


그림 3 C-band 에서 펌프파워의 함수로서 입력신호에 따른 최적화된 길이

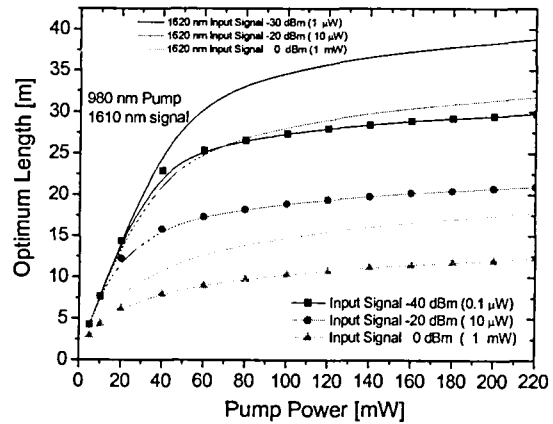


그림 4 L-band 에서 펌프파워의 함수로서 입력신호에 따른 최적화된 길이

참고문헌

1. H. Y. Ryu, D. H. Lee, K. D. Park, H. S. Moon, W. K. Lee, H. S. Suh, Applied Physics B-Lasers and Optics, Vol.79, No.5, pp. 583-586, 2004.
2. H. Y. Ryu, W.K. Lee, S.K. Kim, H.S. Moon, H.S. Suh, D. Lee, Optical Fiber Communication, Tech. Dig. (OFC/NFOEC'2005), Vol. 1. OME13, 2005.
3. International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector of ITU, ITU-T G.694.1, Jun. 2002.
4. X. Dong, N.Q. Ngo, P. Shum, B.-O. Guan, H.-Y Tam, X. dong, Opt. Lett. Vol. 29, pp.258-360, 2004.

