

잉여 라만 펌프 광원을 재활용하는 고효율, 분산보상 라만-어븀광섬유 복합 증폭기

Highly Efficient, Dispersion Compensating Raman/EDF Hybrid Amplifier Recycling Residual Raman pump

장유민¹⁾, 이주한, 한영근, 정해양¹⁾, 오성국²⁾, 김상혁, 이상배

한국과학기술연구원 광기술연구센터

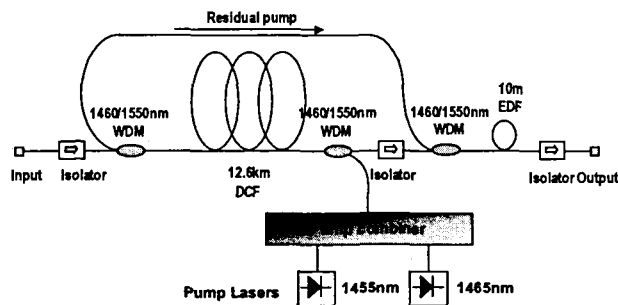
¹⁾경희대학교 물리학과

²⁾삼성해남광통신, 기술개발부

email : j.h.lee@ieee.org

분산 보상 광섬유 (DCF) 라만 증폭기는 하나의 모듈에서 분산 보상과 신호 증폭기능을 동시에 얻을 수 있다는 장점으로 인해 최근의 장거리 광통신과 초고용량 초고속 광통신 시스템에 있어서 주목을 받고 있으며, 이를 실제로 시스템에 구현한 사례들이 이미 여러 논문을 통해 발표되었다.^{1,2)} DCF 라만 증폭기를 구현하는데 있어서 중요한 이슈 중에 하나는 펌프 광원의 광 변환 효율을 증가시키는 것이다. 분산 보사용 광섬유 (DCF) 기반의 라만 증폭기는 DCF의 길이가 최적의 라만 이득을 갖도록 설계된 것이 아니라 보상될 분산의 양에 맞추어 결정되기 때문에 펌프 광원의 효율은 좋지 못한 결과가 초래될 수 있다. 따라서 라만 펌핑 광원 중 사용되지 못하고 버려지는 양을 줄이면서 동시에 증폭기의 효율 증가를 위한 몇 가지 주목할 만한 방법들이 최근에 제시되었다. 예를 들면 광섬유 브래그 격자를 이용하여 버려지는 펌프 광원을 다시 DCF로 되돌려 사용함으로써 전반적인 라만 이득을 향상시킬 수 있는 방법³⁾, 분산보상 라만 증폭기를 DCF와 고비선형 광섬유를 이용한 복합 광 증폭기 형태로 구성하여 펌프 광원의 효율을 증가시키는 구조가 제안되었다.⁴⁾

본 논문에서는 DCF에서 라만 증폭에 사용되고 남은 잉여 라만 펌프 광원을 직렬적으로 연결된 어븀 첨가 광섬유에서 재활용하여 전체 펌프 광원 변환 효율을 증가시키며 동시에 전체 유효 증폭 대역을 넓힐 수 있는 새로운 구조의 광섬유 복합 증폭기 구조를 제안하고자 한다. 그림 1은 본 논문에서 제시한 분산 보상 라만-어븀 광섬유 복합 증폭기의 구성도이다. 라만 펌프 광원은 각각 1455 nm 와 1465 nm 를 가지는

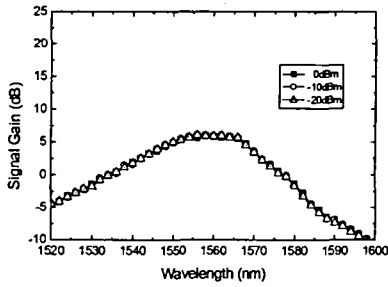


두개의 다이오드 레이저로 구성 되어있고 수동형 펌프 광 콤바이너를 통해 12.6km 길이의 DCF에 입력되며 그 세기는 총 500 mW 이다. 사용된 DCF는 1550 nm에서 약 0.55 dB/km의 손실을 가지고 있으며 군속도 분산 (GVD)은 -98 ps/nm-km이다. 약 70 km 의 단일 모드 광섬유의분산 값을 보상하기 위해 DCF는 12.6 km를 사용 하였다. DCF를 통과한 여분의 라만 펌프 광원의 세기는 약 40 mW로 측정되었다. 그리고 1550/1460 nm WDM 커플러를 이용하여 여분의 라만 펌프 광원이 10 m 길이의

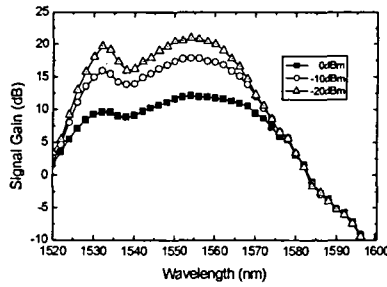
그림 1. 잉여 라만 펌프 광원을 직렬적으로 연결된 어븀 광섬유에서 재활용하는 분산 보상 라만/EDF 증폭기의 구조

EDF에 인가되도록 구성하였다. EDF의 흡수 계수는 1530 nm에서 최대 6 dB/m 이다. 증폭기의 각 부분에 총 3개의 광 아이솔레이터를 이용하여, 레이저의 발진을 억제하였다.

본 논문에서 제안된 여분의 펌프 광원을 이용한 복합 광증폭기의 성능을 비교 확인하기 위하여 먼저 DCF

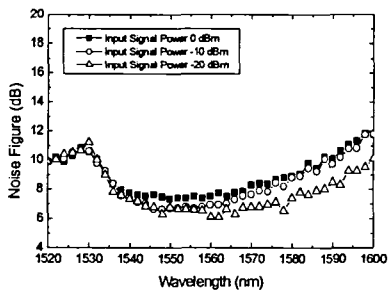


(a) 라만 증폭기

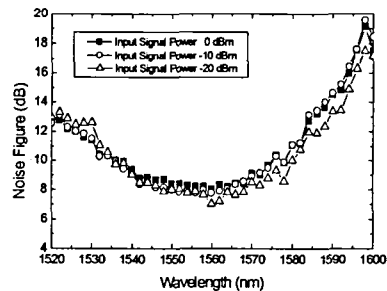


(b) 제안된 라만/EDF 증폭기

그림 2. 각 증폭기에 대한 신호 이득 곡선



(a) 라만 증폭기



(b) 제안된 라만/EDF 증폭기

그림 3 각 증폭기에 대한 잡음 지수 곡선

증가 하였다. 본 논문에서 제안된 라만/EDF 복합 증폭기의 증폭률은 또한 전 파장대역에 걸쳐 매우 큰 값으로 향상되었는데, 1556 nm에서 -20 dBm 세기의 입력 신호에 대하여 최대 21 dB의 증폭률을 얻을 수 있었다. 그리고 0 dBm 세기의 입력 신호에 대하여도 증폭기의 이득은 최대 12 dB로 나타났다. 그리고 각각의 광증폭기의 잡음 지수를 측정하였다. 그 결과 증폭기 구조에 관계없이 입력 신호가 증가함에 따라 잡음지수가 증가하는 것으로 나타났다. 라만 증폭기의 경우가 라만/EDF 복합 증폭기의 경우 라만 증폭기 보다 약 2 dB 정도 잡음지수 증가 현상을 보이거나 유효 증폭 대역 내에서 이득이 최소 6 dB 이상 증가한 것을 고려하면 잡음 특성 저하에 비해 이득 특성 증가로 인한 전체적인 증폭기 효율 및 성능 향상을 확인할 수 있었다.

결론적으로 기존의 분산보상 라만 증폭기의 기본적인 문제점 중 하나인 펌프 광원 변환 효율을 증가시킬 수 있는 새로운 광섬유 복합 증폭기 구조를 제안하였다. DCF에 직렬적으로 연결된 어븀 광섬유를 통해 잉여 라만 펌프 광원을 재활용하는 라만-어븀 광섬유 복합 증폭기 구조를 이용하여 증폭률과 증폭 대역을 동시에 증가시킬 수 있었다.

참고문헌

1. H. H. Lee et al., IEEE Photon. Technol. Lett., vol.16, pp. 1576-1578, 2004.
2. A. B. Puc et al., in Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC'2001), Anaheim USA, March 2001, PD39-1.
3. J. W. Nicholson, in J. Lightwave Technol., vol.21, no.8, pp.1758-1762, 2003
4. T. Amano et al., in Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC'2003), Atlanta USA, March 2003, WB3.



만을 사용하여 라만 증폭기를 구성한 후 파장에 대한 이득 곡선을 측정하였다. 파장 가변형 다이오드 레이저 광원을 이용하여 -20 dBm, -10 dBm 그리고 0 dBm의 세기에 대해 이득을 측정하여 그림 2의 결과를 얻을 수 있었다. 그림 2(a)에서는 DCF 라만 증폭기의 이득 곡선을 나타내며, 유효 증폭 대역은 약 40 nm 로써 최대 증폭률은 1555 nm에서 약 6 dB였다. 그리고 각각의 입력 세기에 대해 거의 동일한 증폭률을 보였다. 그림 2(b)에서는 라만/EDF 복합 증폭기의 파장별 이득을 나타내고 있으며 그림 2(a)와 비교하여 유효 증폭 대역이 증가하였음을 확연히 보여주고 있다. 증가된 유효 증폭 대역은 약 60 nm 로써 라만 광 증폭기에 비해 약 20 nm