

Er과 Yb가 동시 첨가된 인산염계 유리를 이용한 이온 교환 도파로 광증폭기

Ion-Exchanged Waveguide Amplifier in Er/Yb-Doped Phosphate Glass

차상준, 김원효, 문종하*

(주)휘라포토닉스, *전남대학교 무기재료 공학과

sjcha@fi-ra.com

Abstract

An erbium-ytterbium co-doped phosphate glass waveguide amplifier, fabricated by two-step ion-exchange, is presented. The performance of the amplifiers are investigated in viewpoints of net gain, pump power, and noise figure. The waveguide has propagation loss of 0.7 dB/cm including insertion loss at 1.304 μm . At a signal wavelength of 1.534 μm , a high net gain of 12.8 dB and low noise figure of less than 3.9 dB are archived in a 4 cm long waveguide when injected by 140 mW of LD pump at 0.98 μm in single pass configuration.

1. 서론

기존의 EDF(Er doped fiber)를 리피터나 전치증폭기에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행중이다⁽¹⁾. 그러나 EDF의 경우는 가격이 고가이며, 부피가 크며 집적화가 어려운 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 저가격화, 소형화가 가능한 EDWA(Er doped waveguide amplifier)를 이온교환 공정을 이용하여 제작하고 광 증폭 특성을 분석하였다. 아울러 광 증폭 특성이 최적화 된 도파로 제작을 위해 이온교환 공정과 광 증폭기의 수치모사를 병행하였다.

2. 도파로 제조

Er/Yb 첨가된 인산염 유리 위에 Al 박막을 1500~2000 Å 정도 증착 시키고, 사진식각 공정으로 패터닝 하였다. 그리고 나서 Na^+ 와 Ag^+ 를 250~300 °C의 AgNO_3 용융염에 30~60분간 1차 이온교환 하였다. 1차 이온 교환이 끝난 도파로는 유리 표면으로부터 안쪽 방향으로 굴절률이 점차 낮아지는 굴절률 분포를 가지므로, 도파로를 유리 내에 매립하기 위해 전극장치를 구성하여 600~800 V/cm 전압을 30~40분간 인가하는 2차 이온교환을 공정⁽²⁾을 실시하였다.

3. 결과

유한차분법을 이용하여 확산 방정식⁽³⁾을 계산해서 확산계수를 결정하고, semi-vectorial 빔전송법을 사용하여 도파 특성을 수치모사 하였다. 이를 기초로 패턴 마스크의 오프닝 크기, 열확산 시간, 인가 전압의 세기, Er과 Yb의 농도비 등을 최적화 할 수 있었다. Er/Yb이 첨가된 인산염 유리에 경우 0.98 μm 와 1.5 μm 대역에서 흡수영역이 존재하여 도파 손실이 증가하게 되는 반면 1.3 μm 대역에서는 흡수가 거의 이루

어지지 않으므로 1.304 μm 에서 도파 손실을 측정하였다. 2단계 이온 교환 공정을 통해 만들어진 도파로의 도파 손실은 삽입손실을 포함하여 0.7 dB/cm 였다. 또 2차 교환을 실시한 도파로는 1차 이온 교환만을 실시한 도파로에 비해 도파 손실 값이 0.2~1.0 dB/cm 작았다. 도파로의 증폭 특성을 측정하기 위해 신호광원으로는 세기가 -30 dBm인 TLS(turnable laser source)를 사용하였고, 펌핑 광원으로는 발진 파장이 0.98 μm 인 LD(Laser Diode)를 이용하였다. 그림 1에 약 4 cm 길이의 도파로에 순방향으로 140 mW 펌핑 하였을 때 얻은 순 이득을 나타내었다. 신호 파장 1.534 μm 에서 순 이득이 3.38 dB/cm이고 이때 잡음지수는 3.87 dB였다. 그림 2는 펌핑 파워에 따른 순 이득의 변화를 나타낸 것으로 입력신호의 파장을 1.534 μm , 세기가 -30 dBm 일 때, 펌핑 파워가 140 mW 이상에서 순 이득이 포화됨을 알 수 있다. 입력신호의 파장을 1.534 μm 세기가 -30 dB이고 0.98 μm 의 LD(Laser Diode)로 140mW 펌핑 하였을 때, 순 이득이 3.38 dB/cm이고, 잡음지수는 3.87 dB가 나왔다. 이득 스펙트럼을 보면 1.53~1.54 μm 에서 이득이 높게 나왔으며, 1.550 μm 대역에서도 7 dB정도의 이득을 얻을 수 있었다.

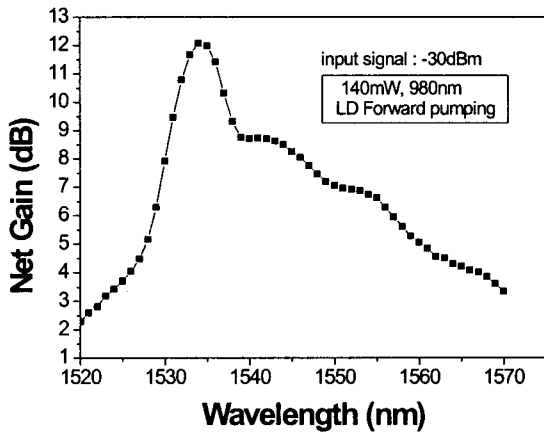


그림 1. 파장변화에 따른 이득의 변화

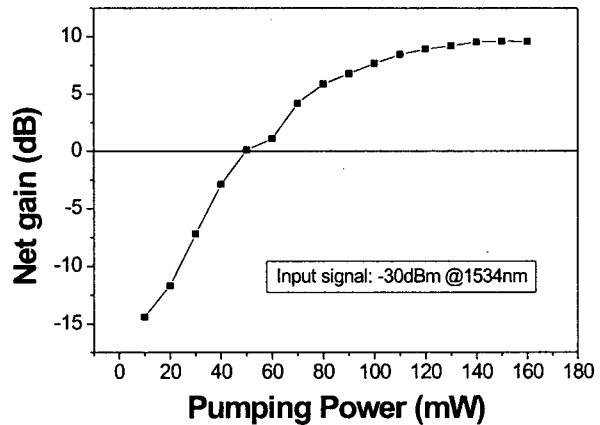


그림 2. 980nm 펌핑 세기에 따른 이득의 변화

4. 결론

이온 교환 공정과 도 특성의 수치 모사를 기초로 한 도파로 및 공정 설계 그리고 2단계이온 교환 공정을 적용하여 도파로를 유리기지 안으로 매립함으로써 도파 손실을 절감할 수 있었고, 아울러 펌핑 효율이 향상됨 되어 매우 높은 이득 특성을 얻을 수 있다. 순방향 펌핑에서 얻은 순이득 12.8 dB은 기존의 보고에 비해 높은 값으로 양방향 펌핑을 적용시 순 이득이 3~5 dB 정도 향상될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. P. Fournier et al., "Potassium Ion-Exchanged Er-doped Phosphate Glass Amplifier," Electron. Lett. **33**(4), 293~294 (1997).
2. G. Sorbello et al., "Comparative Study of Ag-Na Thermal and Field-assisted Ion Exchange on Er-doped Phosphate Glass," Opt. Mater., **17**, 425~435 (2001).
3. Henri Saarikoski et al., "Fast Numerical Solution of Nonlinear Diffusion Equation for The Simulation of Ion-Exchanged Micro-optics Components in Glass," Opt. Comm., **134**, 362~370 (1997).