

열광학 브라그 격자를 구비한 폴리머 광도파로를 이용한 외부공진기형 파장가변레이저

A tunable external cavity laser with thermo-optic Bragg grating embedded in polymer waveguides

주정진*, 김민수*, 오수환*, 이형중**, 노영욱**, 윤지성**

*한국전자통신연구원 광/RF소자연구부, ** (주)캠옵틱스

jju@etri.re.kr

폴리머의 열광학효과(thermo-optic effect)를 이용한 광도파로 기반의 광통신용 소자는 현재 열광학 스위치 및 가변 광감쇄기 등이 상용화되어 각 각 무선통신용 중계기 및 유선통신용 OADM(optical add drop multiplexer) 시스템에서 경쟁력 있는 광 부품으로 자리잡고 있다. Bragg 격자 기반의 도파로형 광소자 또한 폴리머의 높은 열광학 계수를 이용하기 때문에 반사의 중심파장을 가변할 수 있는 범위가 넓고(약 30 nm 이상), 파장가변에 소요되는 소비전력이 낮아 폴리머 광도파로 소자의 경쟁력 있는 영역으로 생각된다. 광대역 광원(super luminescence laser diode)과 Bragg 격자를 포함하는 폴리머 광도파로를 hybrid integration 하면 외부공진기형 (external cavity type) 파장가변레이저(tunable laser)를 제작할 수 있고, 이때 폴리머 Bragg 격자는 widely tunable output coupler 기능을 수행한다. 외부공진기형 파장가변 레이저는 reconfigurable OADM 및 wavelength division multiplexer passive optical network(WDM-PON)의 광원으로 활용도가 높을 것으로 예상된다. 폴리머 Bragg 격자 기반의 파장가변 레이저는 모듈 제작의 경제성 또한 기존의 distributed feedback(DFB) array laser 및 distributed Bragg reflector(DBR) 레이저 보다 높아 저가형 파장가변레이저로 상용화가 진행되고 있다.

폴리머 Bragg 격자를 포함하는 광 도파로형 output coupler의 온도에 따른 파장가변 특성을 살펴보면 Bragg 반사 조건에서 아래와 같은 온도에 따른 반사파장의 변화량을 계산할 수 있다. 이때 온도에 따른 폴리머 광도파로의 굴절률 변화는 -2.8×10^{-4} 크기 (LFR series 광도파로 제작용 폴리머 물질 : (주)캠옵틱스)를 가지며 둘째항의 온도에 따른 열팽창계수는 폴리머 광도파로가 Si-wafer에 고정되어 있기 때문에 일반적으로 Si 물질의 열팽창 계수를 (2.63×10^{-6}) 적용하여 근사적으로 계산할 수 있다. Bragg 격자를 포함하는 광도파로 상부

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda}{dT} &= 2\Lambda \frac{dn}{dT} + 2n \frac{d\Lambda}{dT} = \lambda \left(\frac{1}{n} \frac{dn}{dT} + \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \right) \\ &= 1550 \times 10^{-9} \left\{ \frac{1}{1.39} (-2.8 \times 10^{-4}) + 2.63 \times 10^{-6} \right\} \\ &= -0.308 (\text{nm}/^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

크래딩에 금속 박막으로 구성된 thin film heater를 구비하여 광도파로의 온도를 가변하면 약 100 °C의 온도변화로 30 nm 이상의 파장을 가변할 수 있다.

본 발표에서는 InP multi-quantum well 기반의 SLD chip 제작, 브래그 격자를 포함하는 폴리머 광도파로 제작, 및 이들의 hybrid integration을 통한 외부공진기형 파장가변레이저 개발 결과를 소개하고자 한다. 광 도파로형 폴리머 Bragg 격자의 온도에 따른 파장가변 특성의 근사적 계산 결과와 유사하게 광통신 파장대역인 C-band에서 34 nm 파장가변 특성을 실험적으로 구현하였고, 파장가변에 소요되는 electric powers는 0.03 mW/nm 였다. 즉 30 nm 파장가변을 위하여 약 100 mW의 전력이 thin film heater에서 소모되었다. 제작된 파장가변레이저의 slop efficiency는 0.2 W/A 였고, 파장가변 레이저의 평균출력은 6 dBm 였다. 그리고 파장가변 대역인 C-band 내에서 1 dB 미만의 출력변화를 가지는 균일한 파장가변 동작 특성을 기록하였다. 개발된 파장가변 레이저의 온도 안정성, 1.25 Gbit/s 의 신호전송 특성 및 본 파장가변 레이저를 이용한 WDM-PON 시스템용 colress 광원으로서의 활용 가능성에 대하여 논의할 예정이다.