

능동형 모드 잠김된 페브리 페롯 반도체 레이저와 높은 분산을 갖는 외부 공진기를 이용한 안정된 파장 스위칭 구현

Stable wavelength switching using actively mode-locked Fabry-Perot laser diode with a high dispersion external cavity

김영재, 김덕영

광주과학기술원 정보통신공학과 광소자 측정 실험실

youngjae@gist.ac.kr

이득 스위칭 레이저 다이오드는 구조와 제작이 용이하여 파장분할방식(WDM)에 적합한 광원으로 많은 연구가 되어져 왔다⁽¹⁾. 이 논문에서는 능동형 모드 잠김된 페브리 페롯 반도체 레이저 다이오드(FPLD)와 높은 분산을 갖는 외부공진기를 연결하여 FPLD에 가해지는 변조 주파수를 미세하게 변화시킴으로써 안정된 파장 스위칭을 구현하였다.

수식 1은 변조 주파수 변화에 따른 파장 스위칭의 변화를 나타낸다. $T_r(\lambda)$, L , $V_g(\lambda)$, m , f_m 은 각각 파장에 따른 공진기를 한번 회전하는데 걸리는 시간, 전체 공진기의 길이, 파장에 따른 군속도, 조화차수, 그리고 변조주파수의 크기이다. 수식 1을 파장에 따른 미분을 취하면 수식 2의 관계식을 얻는다⁽²⁾. D 는 색 분산 값이며 D_s 는 색 분산의 기울기 값, 그리고 λ_0 는 레이저의 중심파장이다. 수식 2를 통하여 조화차수를 고정시키고 변조주파수를 변화시키면 평균 색 분산이 anomalous GVD ($D > 0$)인 경우는 중심파장이 단파장쪽으로 반대로 평균 색분산이 normal GVD ($D < 0$)인 경우는 장파장쪽으로 움직이며 변조주파수 변화에 따른 파장의 스위칭되는 정도는 색 분산의 기울기에 의해서 결정되어 짐을 알 수 있다.

$$T_r(\lambda) = L / V_g(\lambda) = m / f_m \quad \text{수식 1}$$

$$d\lambda / df_m = -m / (f_m^2 LD) \cong -m / [f_m^2 L (D_s(\lambda - \lambda_0) + D(\lambda_0))] \quad \text{수식 2}$$

실험에 사용된 레이저의 구조는 참고 문헌 3에 제안되어 있는 것과 같다. 이득 물질로는 색 분산이 -5 ps/km/nm인 어븀첨가 광섬유(EDF)가 10 m 사용되었으며 FPLD는 28 dBm 세기의 사인파로 변조시켰다. 사용된 LD의 문턱전류는 8 mA이며 직류 바이어스의 세기는 2 mA였다. 파장에 따른 군속도의 크기를 다르게 하기 위하여 분산 보상 광섬유(DCF)와 일반 단일 모드 광섬유(SMF)가 각각 사용되었으며 색 분산의 크기와 기울기 그리고 사용된 길이는 각각 -100 ps/km/nm, -0.165 ps/km/nm², 20 m, 그리고 17 ps/km/nm, 0.085 ps/km/nm², 100 m이다. 그림 1은 DCF를 사용하였을 경우에 측정된 파장 스위칭의 경향을 나타낸 것이다. 중심파장은 주파수의 크기가 1997.192 MHz일

때 1560.47 nm였다. 그림 1-b와 같이 슈퍼모드잡음은 신호에 비해 50 dB이상 억제 되었다. 그림 1-c는 변조주파수가 증가됨에 따른 중심파장의 스위칭 경향 (열린 동그라미)과 SMSR (삼각형), 그리고 슈퍼모드잡음과 신호비 (동그라미)를 1997.192 MHz를 기준으로 하여 나타낸 것이다. SMSR는 40 dB이상, 신호와 슈퍼모드 잡음비는 50 dB 이상 억제되어 안정된 펄스가 발진되고 있음을 확인하였다.

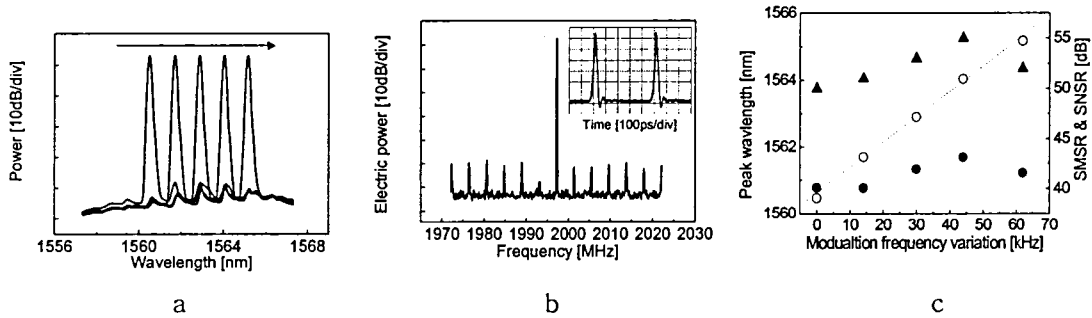


그림 1. DCF 20m를 사용한 경우의 파장 스위칭과 안정도 측정결과

그림 2는 SMF를 사용하였을 경우 측정된 결과로 단파장쪽으로 스위칭 되는 것을 알 수 있다. 중심파장은 주파수의 크기가 1996.076 MHz일 때 1565.21 nm였다.

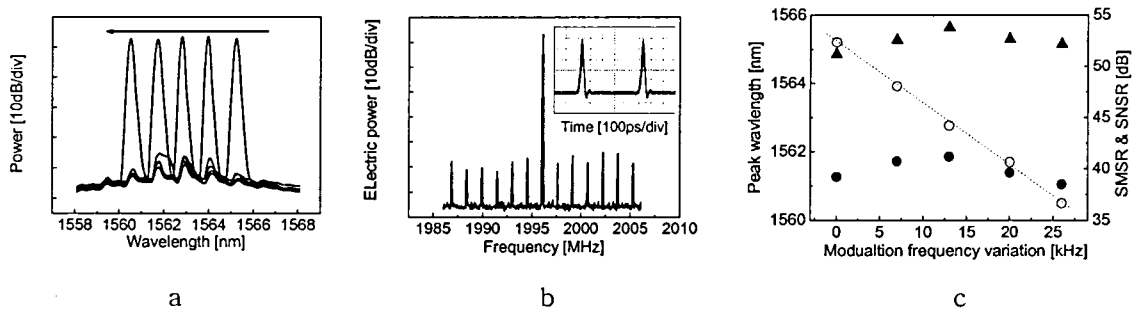


그림 2. SMF 100m를 사용한 경우의 파장 스위칭과 안정도 측정결과

위의 실험을 통하여 능동형 모드 잠김된 페브리 페롯 반도체 레이저 다이오드 (FPLD)와 높은 분산을 갖는 외부공진기를 연결하여 안정된 파장 스위칭을 구현하였다.

참고문헌

[1] M. SCHELL et al., *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1993, 5, (11), pp. 1267-1269
 [2] C. SHU and Y. C. LEE, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, 10, (8), pp. 1106-1108
 [3] 김영재, 김덕영, COOC 2005 논문집, TP02

