

Coupled-Ring Reflector 레이저 다이오드의 변조 특성

Modulation Characteristics of Coupled-Ring Reflector Laser Diode

윤필환, 김수현, 정영철
 광운대학교 전자통신공학과
 E-mail: phmonopoly@yahoo.com

Abstract : The modulation bandwidth, wavelength chirp of directly modulated coupled-ring reflector laser diode have been investigated using time-domain modeling. For a specific design, the modulation frequency could be 6 GHz and the frequency chirp could be in the range of 120 ~ 200 MHz/mA.

마이크로 링 공진기(MRR: Micro-ring resonator)는 광집적회로를 구현할 수 있는 많은 분야에 쓰일 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어, Add-Drop 필터, 스위치, 변조기, 또는 레이저를 구성하는데 MRR 구조가 쓰일 수 있으며, 특히 하나의 직선 도파로와 두 개의 원형 도파로가 결합된 형태로 이루어진 CRR (Coupled-Ring Reflector)이 집적된 구조의 활용 방법에 대한 연구가 최근 이루어지고 있다 [1][3].

본 논문에서는 기존의 DBR 격자 기반의 파장 선택성 반사기를 대체시킬 수 있는 CRR을 이용한 평면 도파로 형태의 반사기로 구성된 레이저 다이오드의 동적 특성을 시 영역 모델을 통해서 분석하였다 [2][4]. 그림 1은 본 논문에서 고려된 CRR-LD의 개략적인 구조이다. 원형공진기 내부에는 bending loss를 보상하기 위한 이득 영역이 구성되어 있으며, 전류 인가에 의한 위상을 조절하기 위한 수동영역이 존재한다. Vernier 효과를 통한 광대역 파장 가변 특성을 얻기 위해 두 원형 공진기의 주회 길이는 약간 차이가 나도록 구성된다.

시뮬레이션 시 원형 공진기의 반경이 각각 $50 \mu\text{m}$ 및 $52 \mu\text{m}$ 이고 링-링, 버스-링의 결합계수는 각각 0.06, 0.5 이며, 링의 손실 계수는 25 cm^{-1} 으로 가정했다. 고속 변조 특성을 알아보기 위해서 직선도파로의 이득 영역에 정현파 형태의 변조 전류를 인가시켰다. 변조 전류의 진폭은 20mA(p-p), 바이어스 전류는 150mA로 가정 하였다. 그림 2는 5 GHz의 변조 전류가 인가되었을 때 변조된 출력과 파형을 보여주고 있다. 발진 파장에서 5 GHz 간격의 사이드밴드와 변조 전류에 대한 출력 파형을 확인할 수 있다. 그림 3은 1548nm의 발진 파장에서 변조 전류 주파수(0.2 ~ 16GHz)에 따른 동적 응답 특성을 보이고 있다. 변조 대역폭과 relaxation-oscillation 주파수는 약 6 GHz로 계산 되었다. 변조 주파수에서의 진폭 변조 응답은 200 MHz에서의 수치 값에 대하여 정규화 되었으며, 모든 안정된 발진 파장에 대하여 chirp은 거의 같은 값들을 보이고 있으며, 변조 주파수가 증가함에 따라 함께 증가한다. 그림 4는 chirp 특성이 변조 깊이의 함수로 그려져 있다. 이때의 변조 주파수는 3 GHz 이며, 인가 바이어스 전류의 증가에 따라 chirp이 증가한다. 그러나 상대적으로 낮은 고정된 바이어스 전류에서의 chirp은 변조 깊이가 변함에 따라 거의 변하지 않는다는 것을 볼 수 있다. 변조 깊이가 30% 이상 커지게 되면, 변조된 출력에서 현저한 harmonic distortion이 관찰되어, 30% 이하의 변조 깊이에 대해서만 chirp 특성을 조사하였다.

[감사의 글] 본 연구는 한국학술진흥재단 선도연구자지원사업(KRF-2005-041-D00570) 지원에 의한 결과입니다.

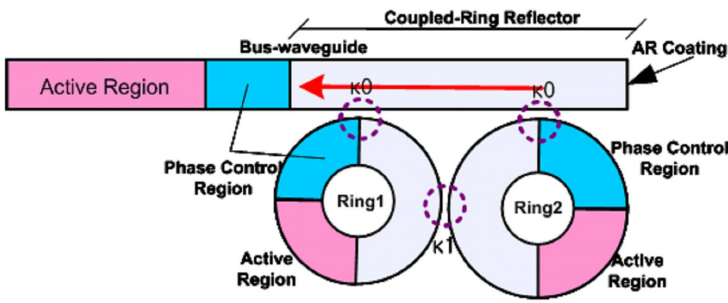


Fig. 1 CRR 레이저 다이오드의 개략적인 구조

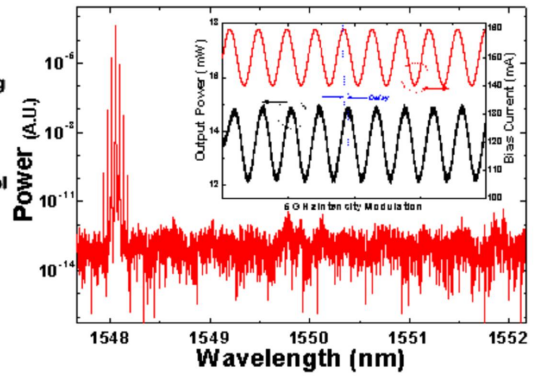


Fig. 2 발진 스펙트럼

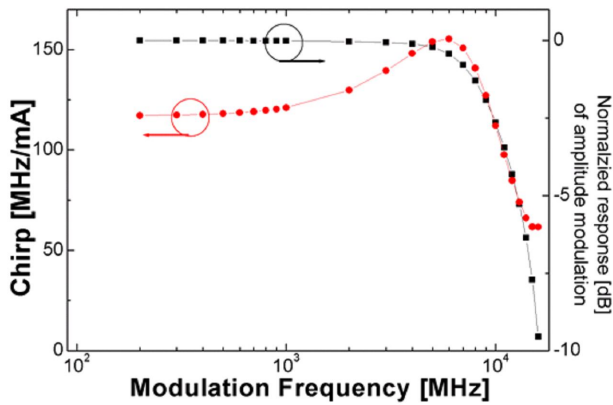


Fig. 3 진폭변조와 주파수변조의 동적 응답

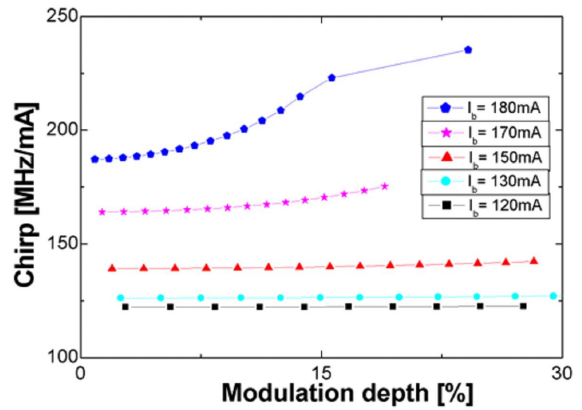


Fig. 4 변조 깊이에 대한 Chirp 특성

[References]

[1] Y. Chung, Suhyun Kim, D.-G. Kim, and N. Dagli, "Widely Tunable Laser Diode Composed of Coupled-Ring Reflector with Mismatched Rings," *OECC 2005 Proceedings*, pp. 888 - 889, July 2005, Seoul, Korea.

[2] B.-S. Kim. et al., "An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes," *IEEE J. Quantum Electronics*, vol. 36, no. 7, pp. 787 - 794, July 2000.

[3] S. J. Choi, Z. Peng, Q. Yang, E. H. Hwang, and P. D. Dapkus, "A Semiconductor Tunable Laser Using a Wavelength Selective Reflector Based on Ring Resonators," *Proceedings of Optical Fiber Conference, Post-deadline Paper PDP20, Anaheim, California, USA, Feb. 2005*.

[4] S.-L. Lee, et al., "Dynamic Responses of Widely Tunable Sampled Grating DBR Lasers," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 8, no. 12, pp. 1597 - 1599, Dec. 1996.