

3-전극 DFB-LD의 광 쌍안정 특성 동적 해석

Dynamic Analysis of Optical Bistability characteristic in 3-section DFB-LD

김근철, 정영철

광운대학교 전자공학부/전자통신공학과

quixote@opto.kwangwoon.ac.kr

광 스위칭 시스템과 광 컴퓨터 시스템에 대한 관심은 대용량 광통신 시스템의 실용화와 더불어 점차적으로 증대되고 있다. 쌍안정 LD는 큰 광이득으로 인하여 스위칭 에너지가 작고, on/off 비가 크다는 장점을 가지고 있다. 3-전극 DFB-LD는 외부에서 주입되는 광의 파워에 따라서 발진하는 광출력이 쌍안정성을 보임에 따라, 이를 파장변환에 활용하거나, 광논리 소자로 활용할 수 있는 가능성이 있다.⁽¹⁾ 본 논문에서는 3-전극 DFB-LD의 전류 대 광출력 파워, 입력광 파워 대 출력광 파워의 쌍안정성 특성을 연산자 분리 시영역 모델로 시뮬레이션하여 특성을 살펴보았다.

그림 1에 3-전극 DFB-LD의 구조를 보였다. LD의 길이는 $300 \mu\text{m}$ 이며, $100 \mu\text{m}$ 씩 3개의 구간으로 전극이 분리되어 있다. 자발 재결합 계수(B)는 $0.2 \times 10^{-10} \text{cm}^3 \text{s}^{-1}$, Auger 재결합계수(C)는 $1.3 \times 10^{-28} \text{cm}^6 \text{s}^{-1}$, 투명 캐리어 밀도(N_0)는 $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 도파손실은 20cm^{-1} , 구속인자(Γ)는 0.3, 자발방출결합율(β)은 0.1×10^{-4} , 격자의 결합계수는 100cm^{-1} 이다. 단면은 무반사 코팅이 된 것으로 가정하였다. 전극 1을 흡수기로 사용하고 전극 2와 전극 3에 전류를 증가하였다가 감소시켰을 때 나오는 광출력에서 쌍안정 현상이 발생한다.

입력 광파워에 따른 발진 광파워의 쌍안정 특성을 살펴보기 위하여, $I_1 = 0 \text{mA}$, $I_2 + I_3 = 95 \text{mA}$ 의 전류를 인가하였다. 이 때 캐리어 생존시간(τ)은 10 ns, 이득곡선 기울기는 $2.5 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ 으로 주어졌다. 입력광의 파워가 2.7 mW가 되는 순간에 전극1에서 입력광의 흡수에 의하여, 투명해지면서 발진이 갑자기 강하게 발생함을 알 수 있다. 그림 2에서 입력광의 파장은 1540 nm이며, 출력광 파워는 LD의 왼쪽 단면에서 측정되는 광파워로서 필터를 이용하여 입력광의 파장은 제거하였다. 2.9 mW 이상의 입력 광 파워에서는 1.3 mW를 유지하다, 입력광 파워를 점차 감소시키면 입력 광파워가 1.5 mW 이하에서 발진을 멈추게 된다. 이와 같이 다전극 DFB-LD는 광 쌍안정 소자로서 동작 가능함을 확인할 수 있으며, Set 또는 Reset 광 펄스의 인가에 따라 광메모리 소자로서의 동작을 확인하였다. 그림 3은 입력 광펄스의 폭이 2 ns인 경우의 Flip-Flop 특성을 보였다. 그림 4는 캐리어 생존시간을 6 ns, 이득곡선 기울기를 $3.0 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ 으로 변화시킨 다음의 Flip-Flop 특성을 본 것이다. 파라미터의 변화로 LD 광출력 반응 시간을 1.2 ns까지 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그림 5는 좀 더 실제에 가까운 가우시안 광펄스에 따른 Flip-Flop 특성을 보인 것이다. 이상적인 rectangular 펄스일 때인 그림 4에 비해 출력에 있어 약간의 왜곡이 보이긴 하지만 유용한 광 메모리 소자로 활용할 수 있는 Flip-Flop 특성을 확인할 수 있다. LD의 여러 파라미터를 조절함으로써, LD 광출력의 반응 시간을 더욱 줄일 수 있을 것으로 사료되고, LD의 파라미터가 변화할 때 다전극 DFB-LD의 여러 가지 특성에 대하여 연구를 할 필요성이 있다.

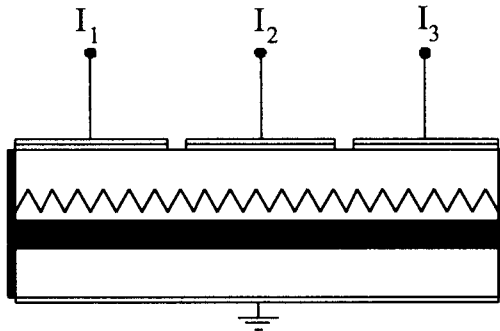


그림 1 3-전극 DFB-LD의 개략도

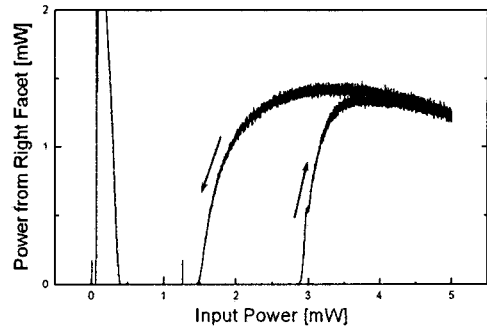


그림 2 왼쪽 단면에서 입사하는 광파위에 따라 발생하는 광출력(오른쪽 단면).

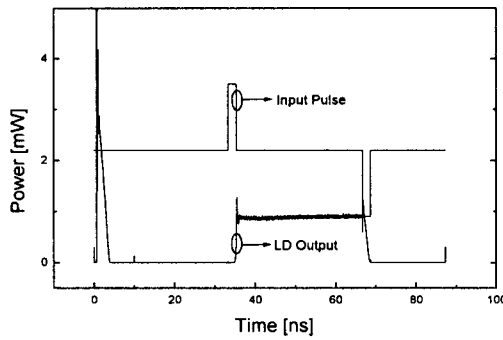


그림 3 왼쪽 단면에서 입사하는 광펄스에 따라 발생하는 광출력(오른쪽 단면)의 Set-Reset 특성. 입력 광펄스폭은 2 ns.

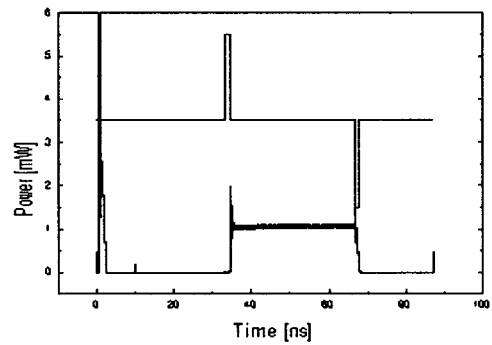


그림 4 왼쪽 단면에서 입사하는 광펄스에 따라 발생하는 광출력(오른쪽 단면)의 Set-Reset 특성. 입력 광펄스폭은 1.2 ns.

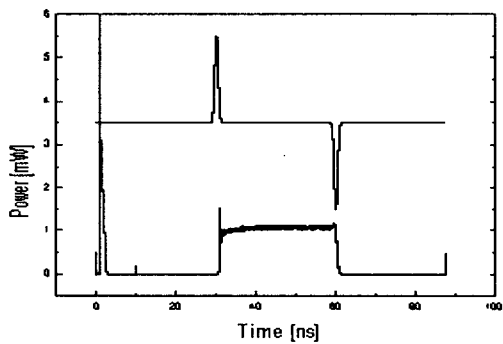


그림 5 왼쪽 단면에서 입사하는 가우시안 광펄스에 따라 발생하는 광출력(오른쪽 단면)의 Set-Reset 특성. 입력 광펄스폭은 1.2 ns.

참고 문헌

1. M. Jinno, and T. Matsumoto, "Nonlinear operations of 1550nm multielectrode DFB-LD and their applications for optical signal processing," IEEE JLT, 10, 448-475 (1992).