

등가회로 모델을 이용한 QW LD의 turn-on delay 특성

Turn-on Delay Characteristics of QW Laser Diodes Using Equivalent Circuit Models.

*김대욱, 최우영

연세대학교 공과대학 전자공학과

The effects of bias currents on the turn-on delay characteristics of quantum well laser diodes are investigated using the equivalent circuit model derived from the rate equations. It is shown that the turn-on delay time and oscillation frequency have strong dependency on the bias currents.

Quantum Well (QW) Laser Diodes (LD)는 초고속 광통신망 구현을 위한 핵심적인 소자이고 이로 인하여 많은 연구가 진행되고 있다. 광통신 시스템에서는 신호의 전송은 빛으로 이루어지나, 상당히 많은 부분이 전기적으로 이루어진다. 따라서 QW LD의 전기적인 등가 모델은 driving circuit design, packaging design 등의 용도에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다. 본 연구에서는 QW LD의 등가회로 모델을 구현했으며 이를 이용하여 turn-on delay 특성을 알아보았다.

본 논문에서 사용된 QW LD의 전기적 등가모델은 그림 1과 같다. 전기적인 등가 모델의 구현을 위해 rate equation에서 유도된 아래의 식 (1),(2),(3)이 사용되었다[1].

$$\frac{V_a}{V_{sch}} I = I_s + \frac{\tau_s}{\tau_n} I_s + \tau_s \frac{dI_s}{dt} \quad (1)$$

$$I_s = I_n + \tau_n \frac{dI_n}{dt} + G(N,P)(1 - \epsilon_n S_n) S_n \quad (2)$$

$$G(N,P)(1 - \epsilon_n S_n) S_n + \beta I_n = \frac{S_n}{\Gamma R_p} + \frac{C_p}{\Gamma} \frac{dS_n}{dt} \quad (3)$$

여기서 I_s 는 SCH 영역의 전류, I_n 은 bimolecular 재결합(recombination)에 의한 전류 그리고 S_n 은 normalize된 photon의 밀도이다. τ_s, τ_n 은 carrier transport 시간과 bimolecular 재결합 수명시간 (lifetime), $G(N,P)$ 와 ϵ_n 은 normalize된 gain function과 gain compression factor, 그리고 β 와 Γ 는 spontaneous emission factor와 optical confinement factor이다. 입력된 전류 $V_a/V_{sch} \cdot I$ 는 SCH 영역에서 세 부분으로 나누어진다(식 (1)). Well 내에서 전류의 관계는 식(2)와 같다. 그리고 S_n 은 spontaneous emission에 의한 성분인 βI_n 과 stimulated emission 성분인 $G_n(N,P)(1 - \epsilon_n S_n) S_n$ 에 의해 출력단의 전압으로 나타난다(식 (3)).

일반적으로 LD의 지연시간은 bias 전류, pulse 전류, 재결합 수명시간 그리고 carrier transport time과 관련이 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 well이 3개로 이루어진 MQW LD에 대한 등가회로 모델을 이용하여 여러 가지 bias 조건에 따른 turn-on delay의 변화에 대해 hspice 시뮬레이션을 수행하였다. Threshold 전류의 2배 크기를 가진 입력 pulse는 바이어스 전류에 대한 응답이 충분히 정상상태에 도달할 수 있도록 하기 위해 충분한 시간(11 nsec)이 지난 후 가해졌다. LD가 threshold 이하로 바이어스 되었을 때는 lasing을 위한 carrier밀도에 도달하지 못했으므로 pulse

신호를 가했을 때 LD가 threshold에 도달하기 위해서 약 수백 pico초가 필요하다(그림 2). 또 바이어스 전류가 threshold보다 약간 클 때는 LD는 이미 lasing을 하기에 충분한 carrier가 있으므로 pulse 신호를 가했을 때 지연시간이 수십 pico초로 줄어든다(그림 3). 바이어스 전류가 threshold보다 훨씬 클 때는 더욱 작은 지연시간을 가지고 또한 on/off oscillation 주파수도 훨씬 커진다(그림 4). 그러므로 이때는 더 빠른 modulation을 할 수 있다. 자세한 관계식과 시뮬레이션에 이용한 parameter 그리고 carrier transport time의 변화에 따른 turn-on delay의 변화 등에 대해서는 workshop에서 발표할 예정이다.

참고문헌

- [1] Tucker R.S., IEE Proc., Vol. 128, Pt. I, No. 3, pp. 101-106, 1981
- [2] M. F. Lu, C. Juang, M. J. Jou and B. J. Lee, IEE Proc.-Optoelectronics, Vol. 142, No. 5, pp. 237-240, 1995

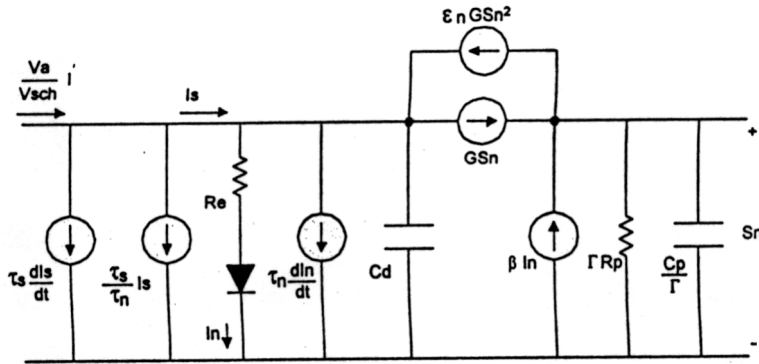


그림 1. QW LD의 등가회로 모델

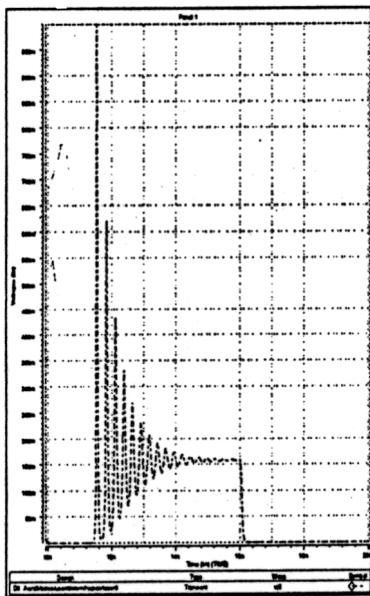


그림 2. $I_{bias} = 0.5 \times I_{threshold}$

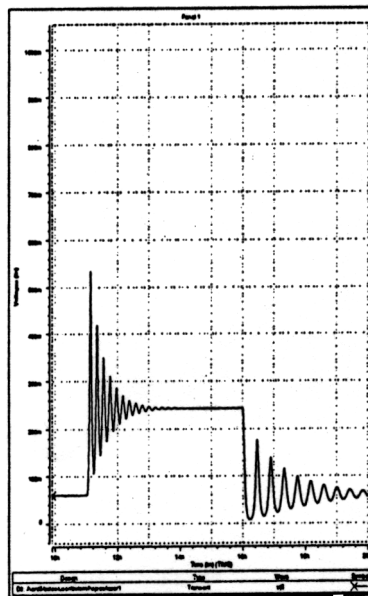


그림 3. $I_{bias} = 1.7 \times I_{threshold}$

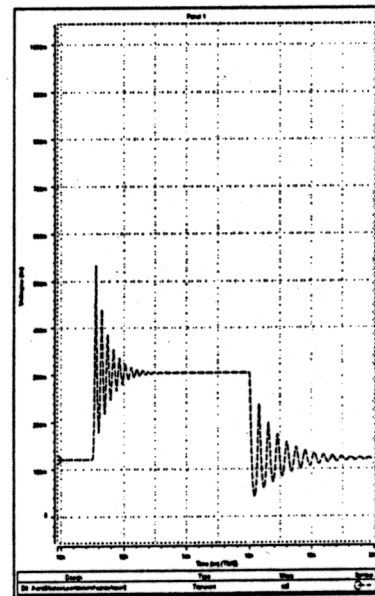


그림 4. $I_{bias} = 2.5 \times I_{threshold}$.