전류차단층의 기생효과 해석

Parasitic Effects due to Current Blocking Structure

김동철, 심종인, 어영선, 박문규*, 강중구*, 계용찬*, 장동훈*
한양대학교 전자전기제어계측공학과, *삼성전자
snoksu@giga.hanyang.ac.kr

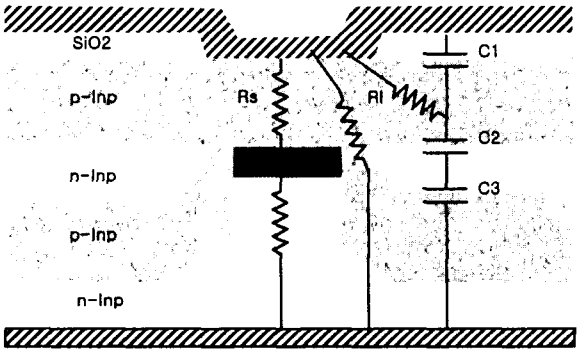
Abstract

The parasitic effects due to the current blocking layer limit the bandwidth of the semiconductor laser diode. Thus, the parasitic response of various blocking layers was analyzed. The inin type was the best choice for the leakage current reduction and the bandwidth expansion.

1. 서 론

직접변조용 초고주파 광원의 성능을 제한하는 요인으로, 대역폭 확보의 측면에서 기생 성분발생과, 광출력 특성의 측면에서 누수 전류발생을 들 수 있다[1]. 기생성분은 주입되는 소신호 입력이 활성영역까지 완전히 전달되지 못하게 하여, 고주파 영역의 cut-off 대역폭을 제한하고, 저주파수 영역에서 심한 roll-off 현상을 일으킨다. 또한 온도에 민감한 누수전류는 문턱전류를 증가시키고, Slope Efficiency를 악화시키므로, 누수전류 차단층이 필요하게 된다. 그러나 이를 위한 전류차단구조는 동시에 큰 기생성분을 발생시키므로(그림1), 이 두 효과를 동시에 만족할 수 있는 고속용 전류차단 구조가 필요하게 된다[2].

본 논문에서는 누수전류의 감소와 대역폭 확보의 측면에서, 여러가지 전류 차단 구조에 따른 기생효과를 해석하였다. 전류-전압의 미분특성 곡선으로부터 누수전류를 살펴보았고, 실험적인 자료를 기반으로한 1992년 P.A. Morton의 Subtraction Method[3]를 통해 기생성분 응답 특성을 보였으며, 이로부터 누수전류 감소와 대역폭 확보를 동시에 만족하기 위한 최적의 전류 차단구조를 제안하였다.



[그림 1] 전류차단층의 구조와 기생 성분

2. 해석 방법

1) 전류전압 미분 특성곡선을 이용한 해석

이종접합 레이저 다이오드는 이상적인 전류전압 특성곡선의 일차미분에 의해 다음과 같은 특성 방정식을 갖게 된다.

$$I \cdot dV/dI = 1/\beta + I \cdot R_s \; (I < I_{th}) \; I \cdot dV/dI = IR_s \; (I > I_{th}) \quad \text{(식1)}$$

β는 $q/\eta kT$ 이고, q는 단위 전하량, k는 볼츠만 상수, T는 절대온도, 그리고 η는 ideal factor이다. R_s는 칩 내의 기생 직렬저항을 나타낸다. 즉, 실제 측정한 전류전압 특성 곡선은 간단한 수치계산을 통해 위의 식들로 모델링이 가능하고, 그 기울기를 통해 기생 저항성분의 크기를 얻을 수 있다.

2) 감법(Subtraction method)을 이용한 해석

일반적인 소신호 응답에 대한 모델은 식(2)와 같이 네개의 항으로 구분된다. 1항은 비율 방정식으로부터 유도되는 진성 소신호 응답, 2항은 기생 RC 영향, 3항은 케리어의 전달지연으로 인한 영향, 그리고 4항은 detector 및 기타손실(X)을 의미한다.

$$H(f)=10\log\left(\frac{f_r^4}{(f_r^2-f^2)^2+(\Gamma/2\pi)^2\cdot f^2}\right)+10\log\left(\frac{1}{1+(f/f_{RC})^2}\right)+10\log\left(\frac{1}{1+(f/f_{\tau_{bw}})^2}\right)+X \quad (식2)$$

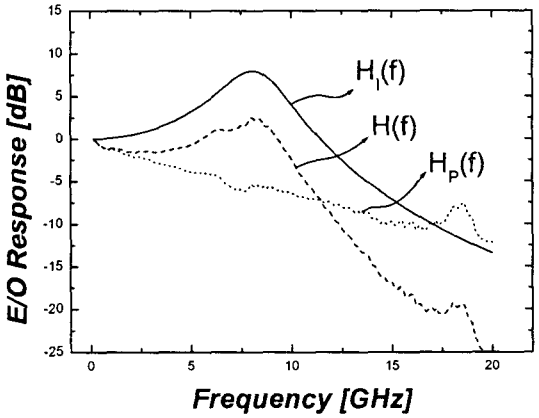
2,3,4 항 모두 바이어스에 따른 그 변화량이 작다고 가정하면, 서로 다른 바이어스($H_1(f),H_2(f)$)의 소신호 응답의 차는 식(3)과 같이 표현가능하고, 이를 측정으로부터 얻은 값들로 fitting 할 수 있다.

$$H_2(f)-H_1(f)=10\log\left(\frac{f_{r2}^4}{(f_{r2}^2-f^2)^2+(\Gamma_2/2\pi)^2\cdot f^2}\cdot\frac{(f_{r1}^2-f^2)^2+(\Gamma_1/2\pi)^2\cdot f^2}{f_{r1}^4}\right) \quad (식3)$$

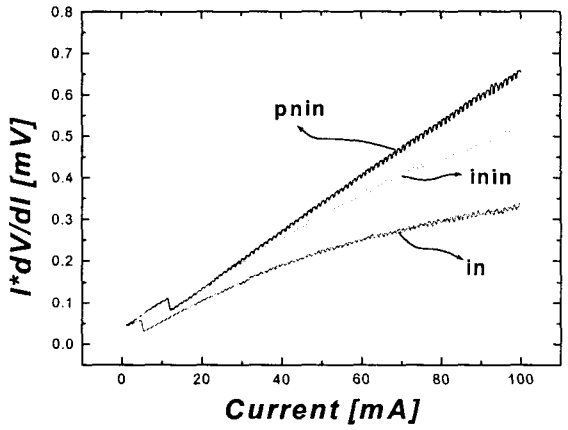
$f_r, f_{r2}, \Gamma_1, \Gamma_2$는 각각 바이어스 1과 2일때의 공진 주파수와 감쇄 계수이다. 이를 매개변수로 하는 진성 소신호 응답($H_I(f)$)과 측정값($H(f)$)으로부터 식(2)의 2,3,4항인 기생성분($H_p(f)$)을 얻을수 있다(그림2).

3. 결 론

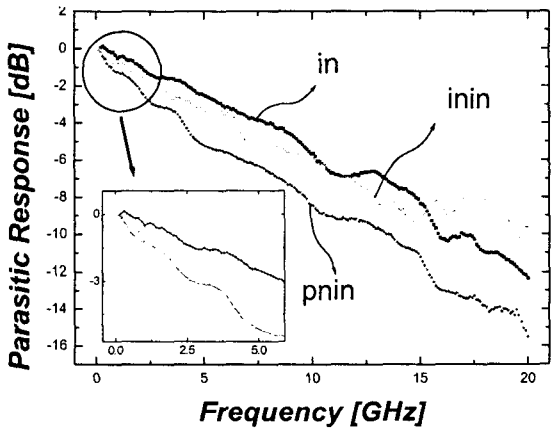
세 구조에 대한 기생성분을 분석하였다. [그림 3]에서, 전류차단 효과를 위해서는 기울기(Rs)가 커야하므로, in→inin→pnin으로 정적 특성이 더 유리하게 됨을 알수 있고, [그림 4]에서, 기생성분 감소를 위하여서는 pnin→inin→in으로 더 유리하게 됨을 알수있다. 동적 특성만을 위해서는 기생성분이 가장 작게 나타나는 in구조가 가장 유리하지만, 일반적으로, 온도의 영향으로 누수 전류가 급격히 증가하므로[4], 두 측면을 동시에 만족하기 위해서는 inin 구조를 사용하는 것이 최적이다.



[그림 2] 소신호 응답의 측정값, 진성성분, 기생성분



[그림 3] 다양한 구조의 전류전압 미분특성 곡선



[그림 4] 다양한 구조의 기생 소신호 응답

4. 참고문헌

[1] K. Y. Lau and A. Yariv, *IEEE J. Quantum Electon.*, vol. QE-21, No.2, pp. 121-137,February 1985

[2] T. Ohtoshi, K. Yamaguchi, and N. Chinone, *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 25, no. 6, pp. 1369-1375, June 1989

[3] P.A. Morton, T. Tanbun-Ek, R. A. logan, A.M. Sergent, P.F. Sciortino, Jr. and D.L. Coblentz, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 4, P.133, 1992

[4] T.Keating, X. Jin, S. L. Chuang, and K. Hess, *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 35, pp. 1526-1534, 1999