

고주파 전류변조 영향에 따른 상대진폭잡음 특성의 가압축변형된 AlGaInN LD의 해석

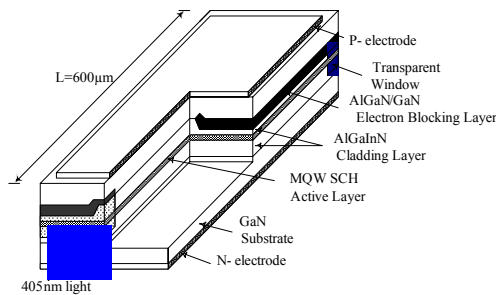
Analysis of the strained AlGaInN LDs for the HF current modulation effects on RIN characteristics

조형욱, 이종창, 변영태*

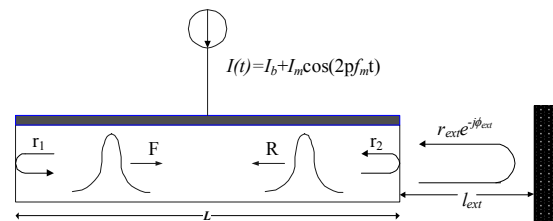
홍익대학교 전자정보통신공학과, *KIST 광기술센터

e-mail : uki79@mail.hongik.ac.kr

Nitride 반도체화합물은 0.6eV에서 7.2eV까지 넓은 밴드갭 에너지를 가지고 있기에, 가시광선 영역뿐만 아니라 자외선 영역까지 짧은 파장의 소자에 응용되고 있다. 특히, 청색 레이저 다이오드는 요즘 많이 연구되고 있는 Blu-ray등 차세대 대용량 광정보저장 장치에 응용되고 있다. 하지만 광 이용효율이 너무 높으면 재생 중 청색 레이저 다이오드에서 발생한 RIN(Relative Intensity Noise)이 재생을 방해한다. RIN에 영향을 끼치는 요인은 외부 피드백과 자연 방출에 따른 양자 잡음(Quantum Noise)이며, 레이저 다이오드 출력이 감소할수록 RIN은 증가한다. 일반적으로 청색 레이저 다이오드의 광 출력을 낮추면 RIN이 디스크 재생 한계치인 -125dB/Hz 레벨을 초과하게 되어, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법이 LD에 인가하는 동작전류에 고주파성분을 중첩하여 변조하여 RIN을 감소할 수 있다는 고주파 전류 변조 방식이다. 본 연구에서는 그림1과 같은 구조⁽³⁾를 가지는 압축변형을 고려한 청색 레이저 다이오드를 Self-consistent하게 수치 해석하여 RIN 해석에 필요한 파라미터를 계산하였고, 광디스크 표면에서의 외부피드백에 따른 양자 잡음을 수치해석 하기 위해 비율 방정식에 잡음항을 고려한 Langevin식으로 그림2와 같이 모델링을 하여 RIN을 최적화하였다.⁽¹⁾



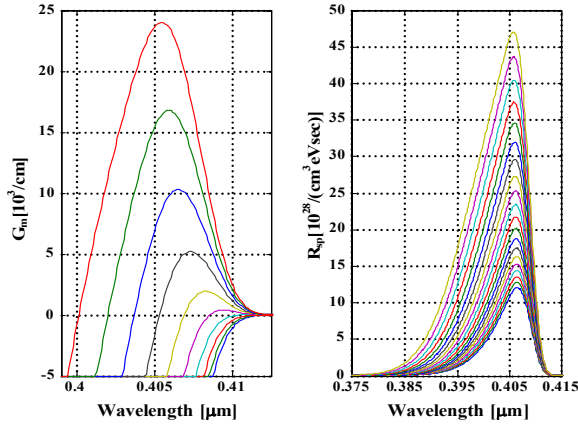
[그림 1] AlGaInN MQW LD Structure.



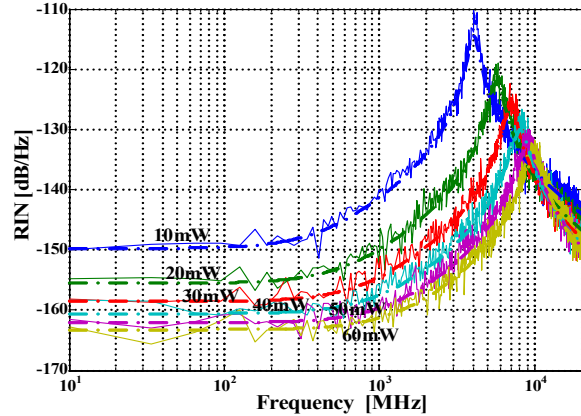
[그림 2] Modeling for laser diode cavity with external feedback.

우선 RIN 계산에 필요한 LD의 파라미터를 정량적으로 추출하기 위해 수치 해석한 결과인 그림3은 $1.8 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 5.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 전송자 주입시 광이득(G_m)과 파장에 따른 자연 발광 비율(R_{sp}) 스펙트럼이다. 이 파라미터를 이용하여 LD의 광파워가 변함에 따라 잡음항을 푸리에 변환을 계산한 결과가 그림4이다. 이 때, 외부 피드백 효과는 고려하지 않았으며, 시간축으로 수치해석한 것은 실선이고 이론적으로 계산된 것이 점선인데, 두 그래프가 거의 일치함을 알 수 있다. 고출력시에는 RIN이 작기에 문제가 없지만, 저출력시에는 RIN이 커지기에 이러한 문제를 해결하기 위해서는 일정한 고주파를 변조하여

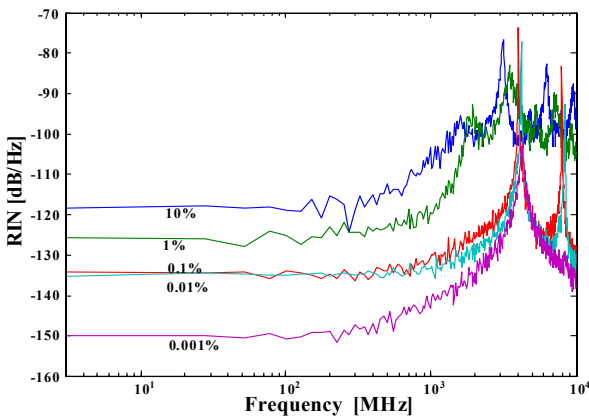
전류를 주입시켜서 RIN의 최적화시키는 방법을 이용하였다.⁽²⁾ 그림5는 저출력시 외부 피드백 비율효과를 고려한 결과이다. 이 때의 광파워는 10mW이며, 외부 피드백 비율이 적음에 따라 RIN도 작아짐을 알 수 있다.⁽⁴⁾ 그림6는 광파워가 10mW, 외부 피드백 비율은 0.1%, 외부 피드백 길이가 1cm일때, 고주파 변조한 전류를 주입시 주파수에 따른 RIN의 변화율을 도시한 결과이다. 이 때 변조전류의 크기(I_m)는 주입되는 변조전류의 100%, 50%, 12%의 비율로 하였고, 그 결과 변조전류를 주입하지 않았을때보다 RIN이 작아지는 최적화 조건을 확인 할 수 있다.



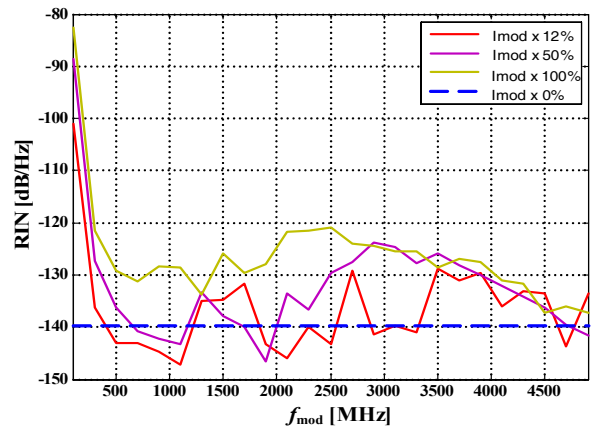
[그림 3] Gain & Spontaneous emission spectra for the various carrier injections.



[그림 4] RIN spectra for various power levels.



[그림 5] The RIN spectra for 10mW output power for various external feedback rates.



[그림 6] The RIN spectra with various modulation frequency of the injection current.

1. J. C. Yi and N. Dagli, "Finite-element analysis of valence band structure and optical properties of quantum-wire arrays on vicinal substrates," *IEEE J. Quantum Electronics*, 31, pp.208-18 (1995).
2. E. C. Gage and S. Beckens, "Effects of high frequency injection and optical feedback on semiconductor laser performance," *SPIE vol.1316, Optical Data Storage*, pp.199-204 (1990).
3. S. Nagahama, T. Yamamoto, M. Sano, and T. Mukai, "Blue-Violet Nitride Laser," *Phys. stat. sol. (a)* 194, no.2, pp.423-427 (2002).
4. J. C. Yi, and J. Y. Kim, "Investigation of External Feedback Effects on Relative Intensity Noise Characteristics of 405nm InAlGaN Laser Diodes," *Optical Data Storage*, pp.91-93(2006).