

Laser diode의 구조가 광출력의 비선형적 특성에 미치는 영향 해석

Influence of laser diode structure on harmonic and intermodulation distortion characteristics

김 동 욱*, 심 종 인, 김 형 래**
한양대학교 전자공학과, **두원공업대학 전자공학과
turbtank@laser.hanyang.ac.kr

Abstract

The structural dependences of harmonic and intermodulation distortion characteristics in $1.55\mu\text{m}$ DFB-LD were investigated. The linearity of $1.55\mu\text{m}$ DFB-LD was greatly improved by employing a partially corrugated structure.

아날로그 시스템의 성능은 시스템의 선형성에 크게 의존한다. laser diode에서의 I-L특성에 나타나는 비선형성은 harmonic distortion과 intermodulation distortion으로 나누어지며, laser diode의 구조에 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는 partially corrugated waveguide structure와 기존의 DFB-LD structure에서의 second harmonic distortion(2HD), third harmonic distortion(3HD), composite second order(CSO), composite triple beat(CTB)를 비교하였다.

표1과 그림1에 해석 시 사용하였던 Partially Corrugated-Laser Diode(PC-LD)의 구조 및 사용 파라미터와 PC-LD의 구조를 나타내었다. 전체 cavity length $L=400\mu\text{m}$, grating region length $L_g=100\mu\text{m}$ 이다. 해석과정은 다음과 같다. 문턱전류가 7.26mA 이고 20.68mA 의 DC전류에 AC signal을 실은 전류를 PC-LD에 인가한 경우 time-dependent carrier 및 photon rate equation을 transfer matrix method(TMM)를 이용하여 self-consistent하게 해석하였다. 이러한 해석을 통하여 얻어진 시간에 따른 광출력 변화를 Fourier transform을 취함으로써 변조주파수들의 harmonics와 합 또는 차에 해당하는 주파수에서의 광출력값을 얻을 수 있다. 이때의 광출력의 비를 2HD, 3HD, CSO, CTB로 나타낸다.

그림2는 변조 신호의 주파수가 각각 $f_{m1}=500\text{MHz}$, $f_{m2}=600\text{MHz}$ 인 signal을 동시에 인가했을 경우의 RF power spectrum의 결과를 나타내었다. 변조주파수들의 harmonics, 합과 차에 해당하는 주파수영역에서 distortion 특성이 나타나고 있다. 그림3은 conventional DFB-LD와 PC-LD에서의 CSO를 비교한 그림이다. distortion 특성에 중요한 영향을 끼치는 결합계수 $\kappa L=0.75$ 에 대해서 해석하였다. DFB-LD에 비해 PC-LD의 경우에 낮은 distortion 특성을 나타내고 있다. 이는 grating이 없는 rear facet에서는 electric field가 평탄해져 spatial hole burning현상이 줄어들었기 때문이다. 그림4의 CTB의 경우도 같은 결과를 나타내고 있다. 또한 grating 영역의 길이가 상대적으로 작을수록 더 낮은 distortion 특성을 나

타내고 있다. 일반적으로 CATV analog system에서는 -65dBc 이하의 CSO, CTB가 요구된다. 이를 만족하기 위해서는 기존의 DFB-LD에 비해 PC-LD 구조가 더 적합함을 보이고 있다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 결합계수를 작게 하고 partially corrugated waveguide 구조를 이용하는 것이 선형성이 우수한 LD 제작에 있어서 중요함을 알 수 있다.

표 1. 해석에 사용된 input parameters

cavity length [μm]	400	nonlinear gain coef. [cm^{-3}]	2.5×10^{11}
active layer thickness [μm]	0.04	reflectivity at rear facet	0
active layer width [μm]	1	reflectivity at front facet	0
OCF	0.08	linear recom. coef. [s^{-1}]	1×10^8
differential gain [cm^{-2}]	5.6×10^{10}	bimolecular recom. coef. [cm^3/s]	8×10^{11}
injection efficiency	0.8	Auger recom. coef. [cm^3/s]	10×10^{29}
gain curvature [cm^{-3}]	0.15	group refractive index	3.7
coupling coefficient (κL)	0.75	modulation index [%]	2
grating length (L_g) [μm]	100	modulation freq.#1 f_{m1} [MHz]	500
internal loss [cm^{-1}]	20	modulation freq.#2 f_{m2} [MHz]	600
transparent carrier density [cm^{-3}]	1.5×10^{18}		

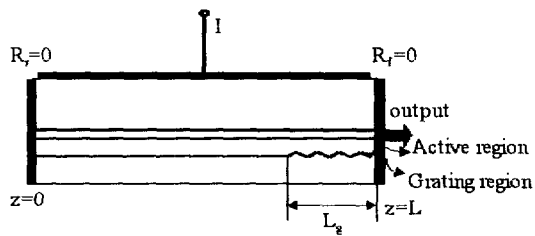


그림1. PC-LD의 구조

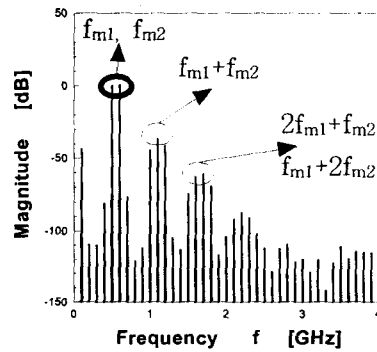


그림2. $f_{m1}=500\text{MHz}, f_{m2}=600\text{MHz}$ 에서의 spectrum

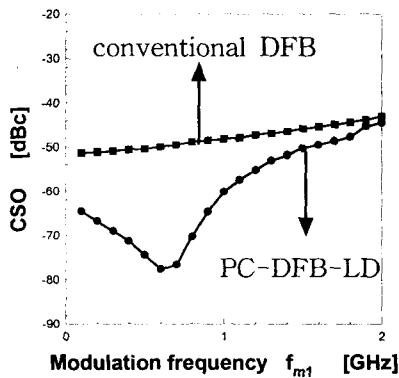


그림3. DFB-LD와 PC-LD의 CSO

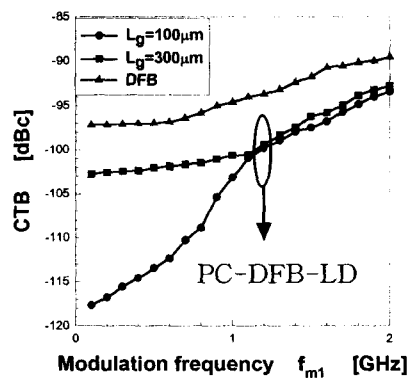


그림4. DFB-LD와 PC-LD의 CTB

[참고 문헌]

1. Hirohito Yamada, Tetsuro Okuda and Toshitaka Torikai, "Partially corrugated waveguide laser diodes for analog CATV application", 2nd OECC'97 Technical digest, (1997)