

광양자테 레이저의 이론적 분석

A Theoretical Analysis of Photonic Quantum Ring Laser

박동훈, 최선미, 김준연, 박규섭, 박병훈, 권오대
 포항공과대학교 전자전기공학과
 dhpark@postech.ac.kr

최근 whispering gallery mode microdisk laser⁽¹⁾는 매우 낮은 문턱 전류 특성과 고밀도 어레이 집적에의 응용 등의 장점으로 인해 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 microdisk laser는 disk와 주위의 매질간에 높은 굴절률 차이로 인해 optical mode가 disk 평면상에 제한됨으로써 높은 cavity-Q factor 값을 가지게 된다. 본 연구에서는 이러한 장점을 지닌 microdisk laser와 유사한 Vertical Cavity Surface Emitting Laser(VCSEL) 구조를 갖는 원형 메사의 활성층 테두리에서 형성되는 photonic quantum ring(PQR)^{(2),(3)} laser에서의 near field 분포를 계산하고 near field 측정과 spectrum 측정을 통해 PQR 모드와 VCSEL의 high order multi-pole transverse mode의 동시 발진 특성을 기술한다.^{(4),(5),(6)}

본 연구에서 소자 제작에 사용된 에피 구조는 n⁺-GaAs 기판 위에 MOCVD로 성장되었다. 그림 1에 서와 같이 n-DBR 거울층위에 4쌍의 Al_{0.3}Ga_{0.7}As/Al_{0.11}Ga_{0.89}As가 1-λ cavity를 이루고, p-DBR 거울 층과 GaAs cap 층으로 성장된 에피로 직경이 15 μm, 높이가 약 4.1 μm인 메사를 만들고 polyimide로 평탄화 시킨 후 Cr/Au로 메사 가운데 직경 5 μm 정도를 덮어 단일 전극을 형성시킨 VCSEL 구조로 되어 있다.

이러한 VCSEL 구조를 갖는 PQR laser의 동시 발진 측정은 15 °C에서 CW 모드로 구동시키면서 CCD를 통해 소자 표면의 near field pattern을 관측하는 것으로 이루어졌다. 주입 전류를 3 μA로 했을 때 원형 메사의 바깥 테두리에 희미한 빛이 띠를 이루기 시작했으며, 12 μA에서 더 선명하게 나타난다. 이것은 azimuthal mode number가 $M = 2\pi Rn_{eff}/\lambda = 188$ 이 되어서 $188 \times 2 = 376$ 개의 azimuthal peak이 원통형 mesa 주위로 생겨 만들어진 PQR 모드이다. 주입 전류가 VCSEL의 문턱 전류인 12 mA를 넘으면서 10개의 pole을 갖는 higher order transverse mode로 발진하기 시작한다. 그림 2는 PQR 모드와 VCSEL 모드의 측정 사진과 계산으로 나온 near field pattern이다. 이 때, VCSEL 모드의 발진으로 인해 PQR 모드는 포화되는 현상을 보인다.

그림 3은 1Å의 분해능을 가진 Optical Spectrum Analyzer를 사용하여 측정한 PQR 모드와 VCSEL 모드의 스펙트럼과 L-I 커브이다.

[참고 문헌]

- [1] S.L.McCall, A.F.J.Levi, R.E.Slusher, S.J.Pearton, and R.A.Logan, Appl. Phys. Lett., 60, pp289 (1992)
- [2] J.C.Ahn, H.Y.Kang and O'Dae Kwon, Pro. SPIE/Optoelectronics'98, pp3283 (1998)
- [3] K.S.Kwak, J.C.Ahn, B.H.Park, J.Y.Kim, and O'Dae Kwon, ISCS'98, 12-16, Oct., Nara Japan (1998)
- [4] Mee Koy Chin, Daniel Y. Chu, and Seng-Tiong Ho, J. Appl. Phys. 75 pp3302 (1994)
- [5] H.Deng, Q.Deng, and D.G.Deppe, Appl. Phys. Lett., 69, pp3120 (1996)
- [6] J.C.Ahn, H.Y.Kang, N.J.Son, B.H.Park, K.S.Kwak, Y.H.Lee and O'Dae Kwon, Jpn. J. Appl. Phys. 36 pp2134 (1997)

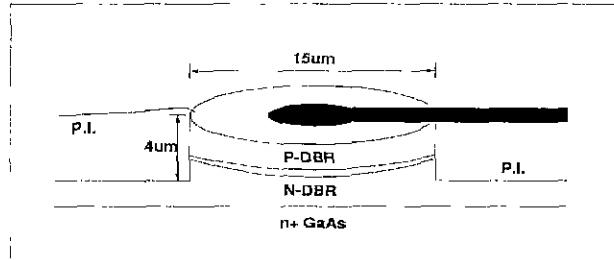
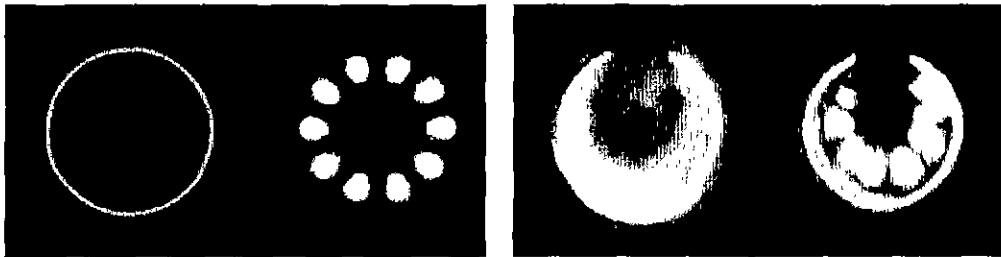


그림 1. 제작된 소자 구조



Calculated near fields

Measured near fields (각 각 12 μA, 12 mA)

그림 2. PQR 모드와 VCSEL mode의 near field pattern

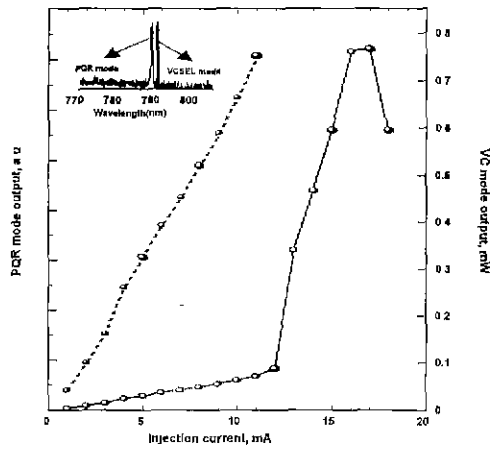


그림 3. PQR mode와 VCSEL mode의 스펙트럼과 L-I 커브

