

미세원반 레이저의 먼장과 근접장 발광특성

Emission characteristics of microdisk lasers in their far- and near-field regimes

신동재, 김국현, 이용희

한국과학기술원 물리학과

tan@cais.kaist.ac.kr

미세원반(microdisk) 레이저는 수평방향으로는 원반의 경계에서 일어나는 전반사를 이용하며, 수직방향으로는 판상형 도파관(slab waveguide) 구조를 가진 공진기이다.⁽¹⁾⁽²⁾ 이러한 구조에서 whispering-gallery mode(WGM)가 발진한다는 사실은 잘 알려져 있다.⁽³⁾ 전반사를 통해 빛이 원반의 내벽을 따라 순환하며 진행되는 형태를 WGM이라고 한다. 원반에서 WGM은 azimuthal mode number M , radial mode number N 등 2개의 mode number로 나타낼 수 있다. 그 모양은 원주를 따라 $2M$ 개의 antinode를, 반지름을 따라 $N-1$ 개의 antinode를 지닌 형태로 나타난다.

TE-편광 WGM은 그림1(a)(b)와 같이 단순하게 나타낼 수 있다.⁽⁴⁾ 전기장은 원반면에 평행하게, 자기장은 원반면에 수직하게 존재한다. 여기서 전기장의 antinode를 전기 쌍극자(electric dipole)로 근사하여 먼장(far-field)을 그림1(c)(d)(e)와 같이 구했다. θ 편광보다 ϕ 편광이 훨씬(16배) 강하며, 전기장의 node 방향으로 밝은 먼장이 나타나는 흥미로운 사실을 알 수 있다.

본 연구에서는 고체각 주사기(Solid angle scanner)를 사용하여 미세원반 레이저의 먼장(far-field)의 특성을, 근접장 주사 광학 현미경(Near-field Scanning Optical Microscopy)을 사용하여 근접장(near-field)의 특성을 측정하였다. 사용된 시료(sample)의 자세한 구조는 그림2와 같다.

원반의 지름이 $1.64\mu\text{m}$ 인 시료의 발광 특성을 먼장 영역에서 그림3과 같이 측정했다. 12개의 밝은 방향이 존재한다. 이를 통해 $M=6$ 인 시계방향(CW)과 반시계방향(CCW)의 WGM이 중첩되어 정상파를 형성함을 알 수 있었다. θ 편광보다 ϕ 편광이 훨씬 세다는 사실을 통해 예상과 같이 TM-편광임을 알 수 있었다. 그 밖에 지름이 다른 원반에 대한 결과는 그림4와 같다.

근접장 영역에서 지름이 $2.22\mu\text{m}$ 인 시료에 대해 그림5와 같은 결과를 얻었다. 먼장과 비슷한 $M=6$ 인 antinode가 존재했다. 측정하는데 사용된 탐침(probe)이 건드림(perturbation)을 주는데도 계속 발진함을 통해 레이저가 안정하게 발진함을 알 수 있었다.

1. D. Y. Chu, M. K. Chin, N. J. Sauer, Z. Xu, T. Y. Chang, and S. T. Ho, IEEE Photon. Technol. Lett. 5, 1353 (1993)
2. T. Baba, M. Fujita, A. Sakai, M. Kihara, and R. Watanade, IEEE Photon. Technol. Lett. 9, 878 (1997)
3. R. P. Wang, and M. Dumitrescu, IEEE J. Quantum Electron. 34, 1933 (1998)
4. B. J. Li, and P. L. Liu, IEEE J. Quantum Electron. 33, 1489 (1997)

T
A

