

InAs 양자점 구조 변화에 대한 레이저 다이오드 선폭 증가 요소 연구

김경찬^{1,2}, 장동기¹, 김태근², 이정일¹, 한일기¹

¹한국과학기술연구원 나노소자연구센터, ²고려대학교 전기전자전파공학부

선폭 증가 요소(lineewidth enhancement factor)는 연속발진시 레이저 다이오드의 선폭뿐만 아니라 고출력 동작시 self-focusing에 의한 필라멘테이션(filamentation)에 영향을 주는 중요한 특성이다. 선폭 증가 요소는 주입한 캐리어에 의한 이득 변화량 대비 굴절률 변화량 비율로 정의된다. 일반적으로 양자점 기반의 반도체 레이저 다이오드는 이론적으로 델타 함수 형태의 상태밀도를 갖기 때문에 양자우물 기반의 레이저 다이오드보다 낮은 제로 선폭 증가 요소 값을 갖는다. 그러나 양자점 크기 비균일성으로부터 발생하는 비균질 넓어지기과 여기 준위 간의 천이에 의한 이득 형태 변화 등과 같은 문제로 인해 이상적인 양자점 광특성을 얻기는 어렵다. 따라서 양자점 기반 레이저 다이오드의 실제 선폭 증가 요소 측정을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. Kim 그룹에서는 p 도핑된 양자점 레이저 다이오드에 대한 실험 및 이론적인 선폭 증가 요소 연구를 보고하였고⁽¹⁾, Ukhanov 그룹에서는 양자점과 양자우물 기반 레이저 다이오드에 대한 선폭 증가 요소 비교 연구를 보고하였으며⁽²⁾, Kondratko 그룹에서는 양자우물 결합된 양자점 레이저 다이오드에 대한 선폭 증가 요소 연구를 보고한 바 있다⁽³⁾. 그러나 이들 연구는 양자점 구조 변화에 따른 선폭 증가 요소 변화를 예측하기는 힘들다.

본 연구에서는 InAs 양자점 구조 변화에 따른 레이저 다이오드의 선폭 증가 요소 변화를 조사하였다. 양자점 구조가 서로 다른 두 종류의 InAs 양자점 레이저 다이오드를 제작하였다. 제작한 레이저 다이오드의 선폭 증가 요소를 조사한 결과 발진파장 영역에서 일반적인 구조(양자점 발진파장이 오직 1300 nm인 구조)를 갖는 레이저 다이오드의 선폭 증가 요소가 변형된 구조(양자점 발진파장이 1300 nm, 1250 nm, 1200 nm가 중첩된 구조)를 갖는 레이저 다이오드에 비해 5배 낮은 값을 나타내었다.

[참고문헌]

- [1] J. Kim and S. L. Chuang, "Theoretical and experimental study of optical gain, refractive index change, and linewidth enhancement factor of p-doped quantum-dot lasers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 42, no. 9, pp. 942-952, 2006.
- [2] P. K. Kondratko, S. L. Chuang, G. Walter, T. Chung, and N. Holonyak, "Observations of near-zero linewidth enhancement factor in a quantum-well coupled quantum-dot laser," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 83, no. 23, pp. 4818-4820, 2003.
- [3] A. A. Ukhanov, A. Stintz, P. G. Eliseev, and K. J. Malloy, "Comparison of the carrier induced refractive index, gain, and linewidth enhancement factor in quantum dot and quantum well lasers," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 84, no. 7, pp. 1058-1060, 2004.