

불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조 반도체 레이저 특성 Characteristics of Non-uniform Thickness Quantum Well Laser Diode

박윤호, 강병권, 이 석, 우덕하, 김선호
한국과학기술연구원 광기술연구센터

uno@kist.re.kr

본 연구에서는 사용한 양자 우물 구조는 그림 1과 같이 각 양자 우물의 두께가 다르게 분포되어 있다. 이러한 불균일 양자 우물 구조는 주로 광대역폭 반도체 광 증폭기를 위한 구조,^{1,2)} 광대역폭 superluminescent diodes에 적용하기 위한 구조,³⁾ 광대역폭 및 온도 비의존성 면발광 레이저를 위한 구조로 이용되고 있다.⁴⁾ 이들 소자의 실현을 위해 우선 불균일 양자 우물 구조의 특성을 알아볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이 구조를 CBE로 성장하고 릿지형 반도체 레이저를 제작하여 광학적 특성을 조사하였다.

그림 2는 본 연구에서 제작한 LD의 I-L특성으로서 이 관계는 현재,

$$I_{th} = I_0 e^{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

로 나타내는 것이 일반적이다. GaAlAs/GaAs계 LD인 경우는 특성온도 T_0 가 120~160K, InGaAsP/InP LD인 경우는 50~60K 정도라고 알려져 있다.⁵⁾ 그리고 그림에서 BB1의 경우는 그림 1의 a) 구조로서 P측으로부터 30Å, 50Å, 70Å, 90Å 순으로 배열되어 있는 구조이고, BB2의 경우는 그림 1의 b) 구조로서 a)와 반대로 P측으로부터 90Å, 70Å, 50Å, 30Å 순으로 배열되어 있는 구조이다. 제작한 LD의 I_{th} 가 20~30mA인 일반 릿지형 구조에 비하여 조금 높은 것을 알 수 있는데, 이는 각 양자 우물 두께가 달라서 이득분포가 각각의 층에 분산되어 있기 때문이다. 또한, 그림에서 BB1의 경우가 BB2의 경우보다 I_{th} 가 큰 것을 알 수 있는데 이는 양자 우물 구조에서 캐리어 메카니즘에 의한 광학적 특성을 가장 크게 좌우하는 것이 heavy-hole인데 BB1의 구조상 heavy-hole의 location이 가장 얇은 층인 30Å의 양자 우물층으로 주입되지만 이들 캐리어 모두 재결합 발광 과정으로 전개되는 것이 아니라 어느 정도는 반대편의 90Å의 두꺼운 층으로 흡수되어 캐리어 효율이 전체적으로 좋지 않아 BB1의 I_{th} 가 크게 되는 것으로 생각된다.

그림 3은 제작된 LD의 온도에 따른 I_{th} 특성을 나타내고 있다. 이 그림으로부터 온도가 상승함에 따라 I_{th} 가 증가함을 알 수 있으며, 이는 통상 식(1)의 실험식으로 기술하고 있으며, 특성온도 T_0 의 크기를 가지고 LD의 양·부를 판단하고 있다. 그림에서 3가지 모두 같은 CBE로 성장한 결과이며, Conv.의 경우는 일반적으로 사용하는 70Å의 4QW 구조이다. 여기서 Conv.의 T_0 가 일반적인 값보다는 낮은 값을 가지지만 여기서는 상대적인 비교를 위해 참고로 사용하기로 한다. 그림에서 불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조의 경우가 일반적인 양자 우물 구조 보다 온도 특성이 좋은 것을 알 수 있다.

그림 4는 $0.9I_{th}$ 에서 측정된 자연 방출광 스펙트럼 특성을 나타내었다. 그림에서 3dB 대역폭은 각각 57nm, 50nm로서 일반적인 구조의 40nm보다는 1.3에서 1.4배정도 넓은 값이다.

결론적으로 불균일 양자 우물 두께를 가지는 구조의 광학적 특성을 조사해 본 결과, 일반적인 구조 보다 높은 온도 특성과 넓은 대역폭을 가지는 것을 알 수 있었다. 따라서 이러한 특성의 광소자를 제작

하기 위해서는 본 연구에서의 불균일 양자 우물 구조를 사용하면 가능하리라 생각된다.

참고문헌

- 1) 박윤호, 강병권, 우덕하, 이석, 김선호, 강광남, "광대역폭 이득을 가지는 반도체 광 증폭기의 구조 설계" 제 6 회 광전자 공학 학술 회의. pp. 177-178, 1999.
- 2) 박윤호, 강병권, 우덕하, 이석, 김선호, "광대역폭 반도체 광 증폭기의 양자 우물 구조 설계" '99광자기술학술회의 pp.409-410, 1999.
- 3) T. Yamatoya, S. Mori, F. Koyama, K. Iga, "Design and Fabrication of High Power and broad-band GaInAsP/InP Strained Quantum Well Superluminescent Diodes with Tapered Active Region," CLEO, Pacific Rim'99, FO6, pp.1227-1228, 1999.
- 4) M. Kajita, K. Kurihara, H. Saito, T. Yoshigawa, Y. Sugimoto, K. Kasahara, "Temperature-insensitive vertical-cavity surface-emitting laser array with a broad gain bandwidth," Electronics Letters, vol.31, no.22, pp.1925-1927, 26 October 1995.
- 5) Y. Itaya, S. Arai, K. Kishino, M. Asada, and Y. Suematsu, "1.6 μ m wavelength InGaAsP/InP lasers prepared by two-phase solution technique," IEEE J.Q.E., Vol. QE-17, No. 5, pp. 635~640, 1981.

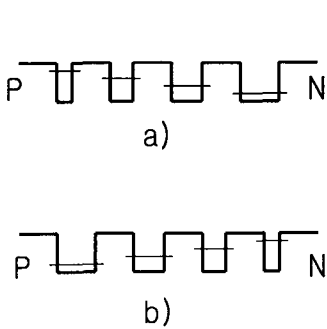


그림 1. 불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조

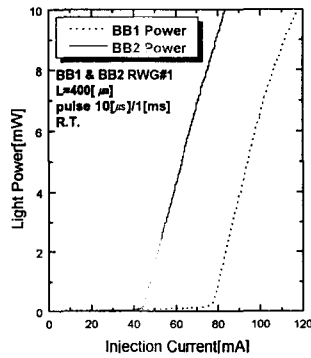


그림 2. 제작된 LD의 I-L 특성

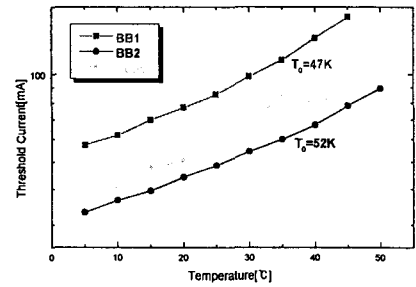


그림 3. 온도 특성

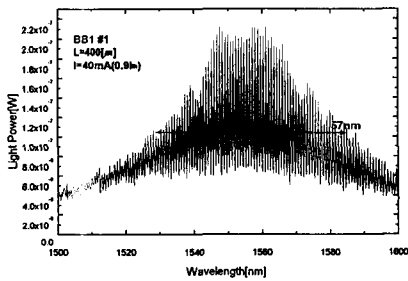


그림 4. a) BB1의 자연 방출광 스펙트럼

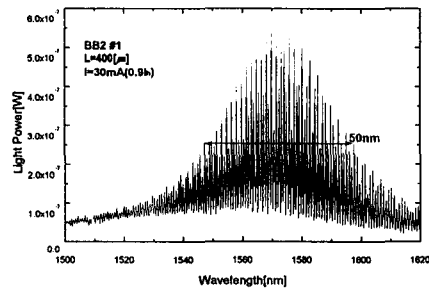


그림 4. b) BB2의 자연 방출광 스펙트럼