

WDM 시스템을 위한 반도체 광 증폭기의 특성

Characteristics of Semiconductor Optical Amplifier for WDM Systems

박운호, 강병권, 이석, 우덕하, 김선호
Yoon Ho Park, Byung-Kwon Kang, Seok Lee, Deok Ha Woo, Sun Ho Kim

한국과학기술연구원 광기술연구센터
Photonics Research Center, Korea Institute of Science & Technology

Abstract

To improve characteristics of optical devices that used be WDM system optimally, we investigated characteristics of two types structures that consisted of non-uniform thickness quantum well. They have high characteristic temperature and 3dB bandwidth of spontaneous emission are 57nm, 50nm respectively, which are 1.4times, 1.3times wider than conventional structure.

1. 서론

최근, 광파이버 통신 시스템은 WDM (wavelength division multiplexing) 시스템으로의 적용을 위해 여러 가지 방법으로 연구가 진행되고 있다. WDM 시스템에 적용되는 광소자들의 연구도 여기에 적절한 구조 및 특성을 갖도록 행해지고 있다.

본 논문에서는 WDM에 필요한 특성 중에서 넓은 대역폭과 낮은 특성 온도 T_0 를 갖는 광소자를 목적으로 이를 위한 구조에 대해 다루었다.

본 연구에서 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 super luminescent 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.

2. 본론

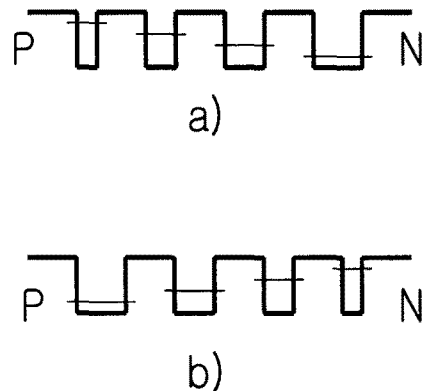


그림 1. 불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조

불균일 양자 우물 두께를 가지는 구조의 특성을 조사하기 위해 이 구조를 CBE로 성장하여 Ridge Waveguide 구조로 제작하였다. Ridge 폭은 $4\mu\text{m}$ 이고, 높이는 $1.5\mu\text{m}$ 이다. 그림 2는 제작한 LD의 I-L 특성으로서 BB1의 경우는 그림 1의 a) 구조로서 P측으로부터 30A, 50A, 70A, 90A 순으로 배열되어 있는 구조이고, BB2의 경우는 그림 1의 b) 구조로서 a)와 반대로 P측으로부터 90A, 70A, 50A, 30A

디스플레이 광소자분야

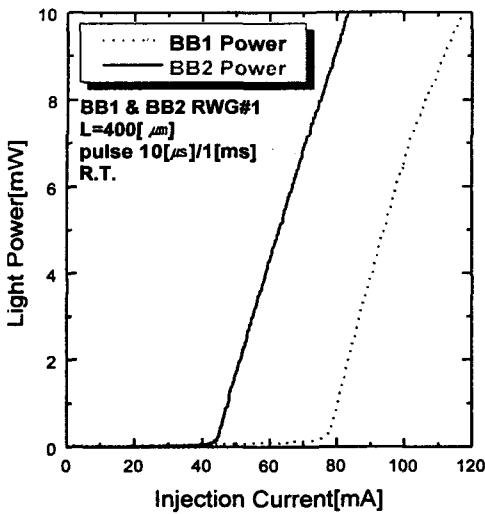


그림 2. 제작된 LD의 I-L 특성

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 전제되는 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, 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⁾ 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. 여기

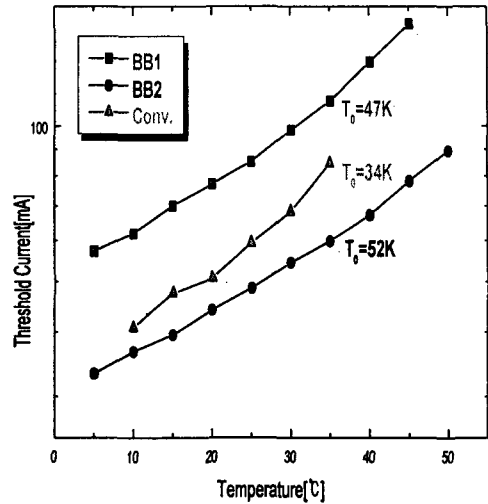


그림 3. 온도 특성

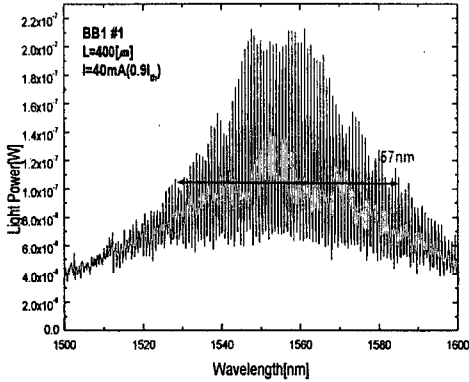
서 Conv.의 T_0 가 일반적인 값보다는 낮은 값을 가지지만 여기서는 상대적인 비교를 위해 참고로 사용하였다. 그림에서 불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조에서 BB1의 경우는 47K, BB2의 경우는 52K로서 일반적 구조의 34K보다 높은 온도 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 불균일 두께를 가지는 양자 우물 구조의 결과이다.

그림 4는 0.9 I_{th} 에서 측정된 자연 방출광 스펙트럼 특성을 나타내었다. 공진기 길이는 모두 400 μ m이며, 3dB 대역폭은 각각 57nm, 50nm로서 일반적인 구조의 40nm보다는 1.3에서 1.4배정도 넓은 값이다. 그리고 그림 4 a)의 BB1의 경우는 중심파장이 1550nm로 hole location이 P측에 있는 얇은 층 부분에 생기는 것을 알 수 있으며, 반대로 그림 4 b)의 BB2의 경우는 중심파장이 1570nm로서 역시 hole location이 P측의 두꺼운 층에 생기는 결과를 보여준다.

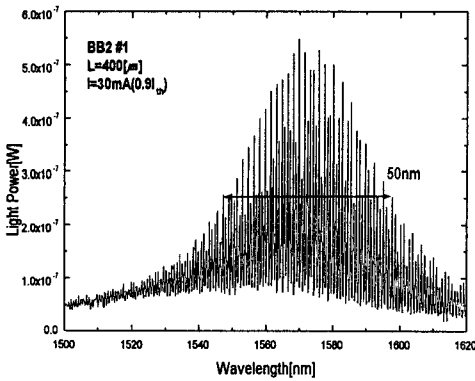
그림 5는 약 2.1 I_{th} 에서 측정된 스펙트럼 특성을 나타낸다. 그림에서 a)의 BB1의 경우는 중심 파장 1547nm영역에서 발진하는 것을 볼 수 있으며 b)의 BB2의 중심파장인 1570nm보다 단파장 영역에서 발진하는 것을 볼 수 있는데 이 역시 그림 4에서 설명한 hole location과 같은 이유이다.

3.결 론

WDM에 적절하게 사용할 광소자의 특성 개선을 위해 불균일 양자 우물 두께를 가지는 구조의 광학적 특성을 조사해 보았다. 그 결과, 일반적인 구조

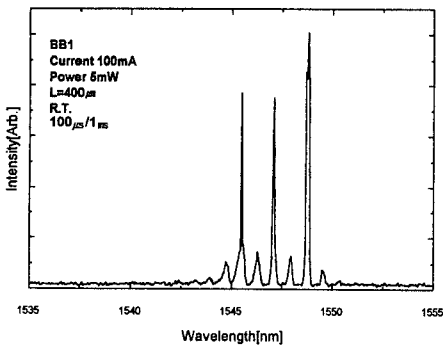


a) BB1의 자연 방출광 스펙트럼

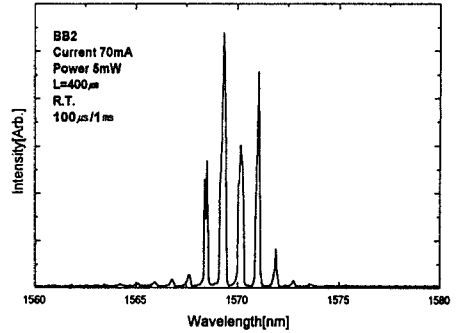


b) BB2의 자연 방출광 스펙트럼

그림 4. 불균일 양자 우물 구조의 자연 방출광 스펙트럼



a) BB1의 발진 스펙트럼



b) BB2의 발진 스펙트럼

그림 5. 불균일 양자 우물 구조의 발진 스펙트럼

보다 높은 온도 특성과 넓은 대역폭을 가지는 것을 알 수 있었다. 따라서 이러한 특성의 광소자를 제작하기 위해서는 본 연구에서의 불균일 양자 우물 구조를 사용하면 가능하리라 생각되며, WDM용 광소자로서 훌륭한 구조가 될 것으로 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, "1.6μm wavelength InGaAsP/InP lasers prepared by two-phase solution technique," IEEE J.Q.E., Vol. QE-17, No. 5, pp. 635~640, 1981.