

# 측방향 단일모드 동작을 위한 Buried Ridge Waveguide Laser Diode 제작

## The Fabrication of Buried Ridge Waveguide Laser Diodes for the lateral single-mode lasing

모수종, 오수환, 황상구, 김정호, 홍창희  
 한국해양대학교 전자통신공학과  
 k951402g@hanbada.kmaritime.ac.kr

RWG-LD는 측방향 단일모드 동작 및 고효율 동작을 위해서 ridge폭을 2~3 $\mu\text{m}$ 로 하는 것이 좋은 것으로 알려져 있는 것에 비해<sup>(1)</sup> 사진식각(photolithography) 공정으로 window open 후 전극 장착이 어렵기 때문에 3 $\mu\text{m}$ 이하의 RWG-LD 제작이 쉽지 않고, 제작을 하더라도 수율(yield)이 낮기 때문에 통상 4~5 $\mu\text{m}$ 정도의 ridge폭을 가지는 RWG-LD를 제작하고 있는 실정이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 ridge 외부영역을 polyimide를 채워서 LD를 제작하고 있지만<sup>(2)</sup>, ridge폭이 5 $\mu\text{m}$ 이상이면 측방향 단일모드로 동작하지 않는다는 문제점이 있다.

그래서 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고자 그림 1과 같이 Buried Ridge Waveguide LD(B-RWG LD)를 제안하였다. 그림 1의 B-RWG LD를 간단한 구조로 모델링하여 최적화 설계하였다. 최적화 설계결과 ridge폭이 6~9 $\mu\text{m}$  되어도 단일모드로 동작할 수 있음을 확인하였다. 따라서 최적화 설계 결과에 따라 CBE(Chemical Beam Epitaxy)로 MQW-DH 웨이퍼를 성장하였다.

성장된 에피 웨이퍼를 사진 식각 공정을 통해 stripe폭이 5 $\mu\text{m}$ 와 7 $\mu\text{m}$ 를 가지는 SiNx형성하고 선택적 wet etching에 의해 ridge형태로 만들어서 수직형 LPE장치로 재성장하여 B-RWG LD를 제작하였다. 그림 2에 제작된 LD의 SEM 단면사진을 나타내었다. (a)는 2차 재성장으로 제작된 B-RWG LD이고, (b)는 3차 재성장으로 제작된 B-RWG LD이다.

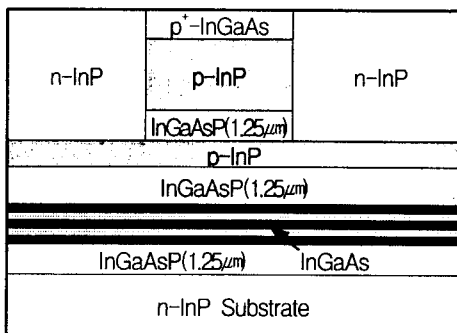
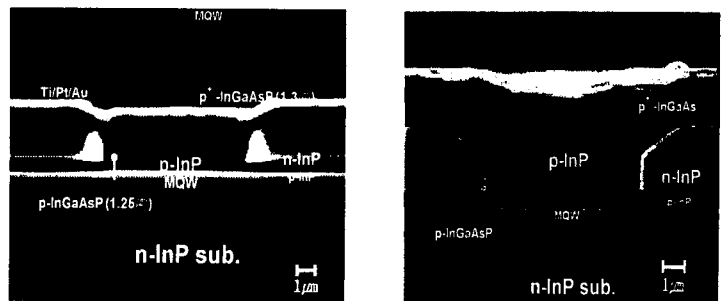


그림 1 B-RWG LD의 구조



(a) B-RWG LD I

(b) B-RWG LD II

그림 2 B-RWG LD의 SEM 단면 사진

이와 같이 제작된 B-RWG LD의 특성을 확인하기 위하여 내부양자효율과 내부손실을 측정한 결과를 그림 3에 나타내었다. B-RWG LD I의 경우 ridge 폭이 5 $\mu\text{m}$ , 7 $\mu\text{m}$ 일 때 내부양자효율이 각각 63%와 71%이고, 내

부손실은 각각  $23\text{cm}^{-1}$ 과  $21\text{cm}^{-1}$ 로 나타났다. 그리고 B-RWG LD II의 경우 ridge 폭이  $5\mu\text{m}$ ,  $7\mu\text{m}$ 일 때 내부양자효율이 각각 73%와 83%이고, 내부손실은 각각  $19\text{cm}^{-1}$ 과  $20\text{cm}^{-1}$ 로 나타났다.

또한 제작된 B-RWG LD의 광출력 특성을 그림 4에 나타내었다. LD의 공진기 길이는  $900\mu\text{m}$ , ridge 폭이  $7\mu\text{m}$ 인 LD를 사용하였으며, 출사면 및 반사면에서 AR 및 HR 코팅은 하지 않았다. 그림에서 B-RWG LD I과 B-RWG LD II의 포화 광출력은 두 종류 모두 약  $80\text{mW}$  부근임을 알 수 있다. 광출력 측정결과는 코팅을 하지 않은 상태에서 이루어진 것이므로, 향후 출사단면에 고반사막 코팅과 무반사막 코팅을 한다면 더 좋은 광출력 특성을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

마지막으로 B-RWG LD가 최적화 결과와 같이 측방향 단일모드로 동작하는지를 알아 보기 위해 FFP(Far Field Pattern)를 측정하였으며, 그 결과를 그림 5에 나타내었다. ridge폭이  $7\mu\text{m}$  일 때는 주입전류를  $2.4I_{th}$ 까지 인가하면서 측정한 결과 측방향 단일 모드로 동작함을 알 수 있었다.

본 연구에서 제안한 MQW B-RWG LD가 ridge폭이  $7\mu\text{m}$ 이더라도 측방향에서 단일모드로 동작함을 확인하였으며, 또한 ridge폭이 크기 때문에 고출력으로 동작함을 확인하였다.

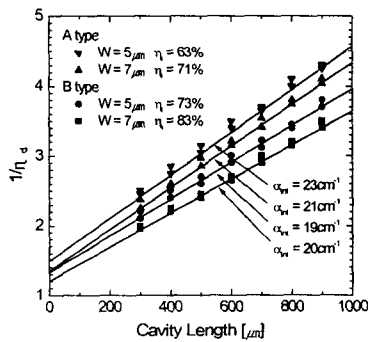


그림 3. 내부손실 및 내부양자효율

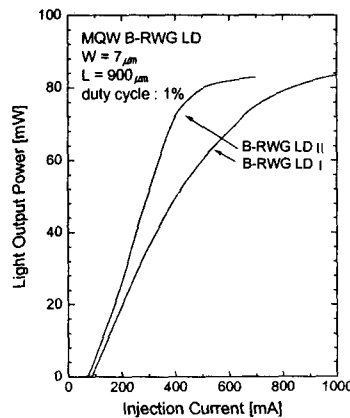


그림 4. 광출력 특성

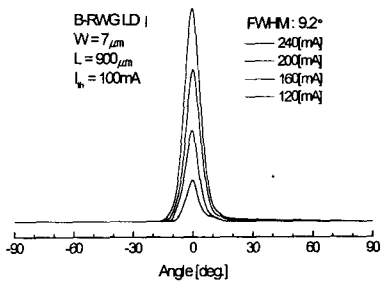


그림 5. ridge폭  $7\mu\text{m}$  FFP

참고문헌

- (1) Tatsuya TAKESHITA, Masanobu OKAYASU, Osamu KOGURE, "Low-Threshold Strained  $\lambda$ -Layer InGaAs Ridge Waveguide Lasers," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 29, no. 7, pp. L 1138~L 1140, 1990.
- (2) K. Y. Liou, W. T. Tsang, F. S. Choa, E. C. Burrows, G. Raybon and C. A. Burrus, "Low-threshold and high-temperature operation of  $1.55\mu\text{m}$  self-aligned ridge-waveguide multiple-quantum-well lasers grown by chemical-beam epitaxy," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 59, no. 26, pp. 3381~3383, 1991.