

# 테이퍼형 고출력 레이저 다이오드의 제작 및 특성

## Fabrication and characteristics of tapered high power laser diodes

한 일 기

한국과학기술연구원

hikoel@kist.re.kr

고출력 반도체 레이저 다이오드는 가스레이저와 다이오드 여기 고체 레이저 (Diode Pumped Solid-State Laser: DPSSL)와 같이 수 W 급에서 수 kW 급까지 높은 광 출력을 내는 반도체 광원기술로서 가스레이저나 DPSSL과 비교하여 부피가 대단히 작아서 쉽게 이동이 가능하고 가격이 저렴하다는 장점 때문에 90년대 후반부터 대단히 주목을 받고 있는 기술이다. 고출력 반도체 레이저 다이오드는 광의 특성이나 동작 원리에 따라 크게 대면적 (Broad Area) 형, 단일모드형, 테이퍼드형, MOPA (master oscillator power amplifier) 형, ARROW (Anti-Resonant Ridge Optical Waveguide) 형 등으로 구분할 수 있으며 정보통신분야, 의료분야, 재료가공분야 등 첨단산업의 광범위한 분야에서 핵심기술로 이용되고 있으며 앞으로도 각기 고유의 응용 분야를 계속 확대할 수 있는 응용성과 시장성이 대단히 큰 기술이다.

고출력 반도체 레이저 다이오드 역시 보통의 레이저 다이오드와 마찬가지로 다층양자우물 구조를 가진 p-n 접합의 반도체 에피 구조에 전류 주입을 통하여 고출력 광을 만드는 기술이다. 그러나 보통의 통신용 레이저 다이오드나 CD/DVD 용 레이저 다이오드에서 얻어지는 1~50 mW 정도의 출력을 최소한 W 급 이상의 광 출력으로 끌어올리기 위해서는 전류 주입의 증가와 그로 인하여 발생된 열에 의한 광 출력의 roll-over를 방지하는 기술이 불가피하다. 또한 W 급 이상의 광출력에 더하여 가우시안빔과 같은 단일모드 특성을 갖는다면 응용범위는 더욱 넓어질 것이며 이를 위해서는 광의 필라멘테이션을 억제하는 개념이 요구된다.

본 연구에서는 단일모드형 광 특성을 가지면서 고출력 특성을 갖는 레이저 다이오드의 개발에 관하여 설명한다. 이를 위하여 위에서 언급한 여러 가지 형의 고출력 레이저 다이오드 구조 중에서 공정의 용이함과 가격의 저렴함의 장점이 있는 테이퍼드 형 구조를 사용하였다. 광 출력의 roll-over를 증가시키기 위하여 에피의 p 층 영역에 도핑의 농도를 변화시켰고, 광의 필라멘테이션을 억제하기 위하여 linewidth enhancement factor ( $\alpha$ -factor)와 모달 이득  $\Gamma\beta$  ( $\Gamma$ : 광자구속계수,  $\beta$ : 이득)를 감소시킨 결과, 빔의 필라멘테이션이 억제되고 따라서 더 높은 광출력 특성을 얻을 수 있었다.

그림 1은 테이퍼드형 레이저 다이오드의 일반적인 모양을 나타낸 것이다

그림 2는 테이퍼 구조에서  $\alpha$ -factor의 변화 (a)와 모달 이득의 변화 (b)에 따른 근접장 특성 변화를 BPM 연산을 통하여 나타낸 것이다.  $\alpha$ -factor가 작을수록, 모달 이득이 작을수록 근접장 특성이 우수함을 확인할 수 있다.

그림 3은 에피의 p-층 영역에서 여러 가지 도핑의 변화에 따른 테이퍼드 레이저 다이오드의 L-I 특성 변화를 나타낸 것이다. p-doping이 증가할수록 광출력의 roll-over 현상은 늦게 나타났고 따라서 최대 약 CW 0.8 W의 광출력을 얻을 수 있었다.

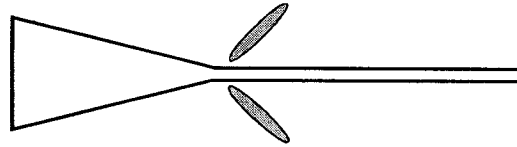


그림 1. 테이퍼드 형 레이저 다이오드

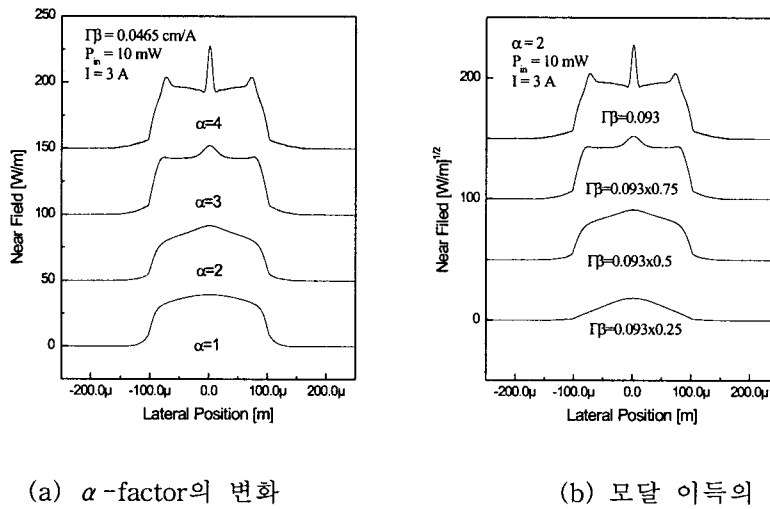


그림 2. 테이퍼 구조에서  $\alpha$ -factor의 변화와 모달 이득의 변화에 대한 근접장의 변화

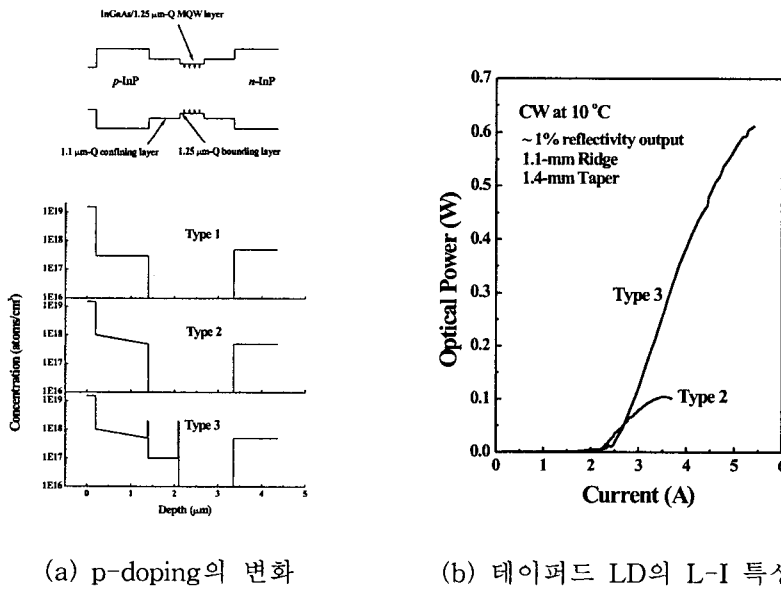


그림 3. p-doping의 변화 (a)에 대한 테이퍼드 레이저 다이오드의 L-I 특성 (b)