

광대역 파장 가변 SG-DFB 레이저 다이오드

Widely Tunable SG-DFB Laser Diode

김수현*, 정영철, 오수환*, 박문호*

광운대학교 전자공학부 전자통신공학과 광통신 연구실

한국전자통신연구원*

suhyun@opto.kwangwoon.ac.kr

단일 소자로 외부의 제어회로를 통해 여러 파장으로 발진파장을 제어할 수 있는 파장가변 레이저 다이오드는 고정된 파장으로 발진하는 레이저 다이오드에 비해 여러 경제적 이점을 가지며 보다 유연한 광 네트워크의 구성이 가능하게 한다. 이러한 이유로 현재까지 다양한 구조의 파장가변 레이저 다이오드가 제안되고 개발되어 왔다⁽¹⁾. 본 논문에서는 새로운 구조의 광대역 파장가변 레이저 다이오드를 제안하였다. 제안한 레이저 다이오드는 추출격자(Sampled Grating)의 주기가 서로 다른 두 영역의 SG-DFB(Sampled Grating Distributed Feedback)레이저 다이오드를 집적시킨 구조로 되어있고, 각각의 추출격자 사이에 수동 도파로 영역을 두어서 공진기 내부에서 발생하는 광파의 위상을 조절할 수 있도록 하였다. 이러한 위상 제어 영역의 굴절률 변화를 통해 각 SG-DFB영역에서 발생하는 광파의 모드의 위치를 변화시킴으로써 레이저 다이오드의 발진하는 파장을 변화시킬 수 있다. 제안한 레이저 다이오드는 이득 영역에서 생성된 광파를 직접 광섬유에 결합시킬 수 있는 구조로 기존의 파장가변 레이저에 비해 광 효율이 크다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 레이저 다이오드의 개략적인 구성도이다. 추출격자의 주기가 각각 Z_0 , Z'_0 인 두개의 SG-DFB영역으로 구성되어 있고, 추출격자에 의해 생성되는 각 영역의 모드간의 간격은 식(1)에 의해서 결정된다.

$$\Delta\nu = \frac{c}{2n_g Z_0} \quad (1)$$

여기서 n_g 는 군굴절률이다. 그리고 SG-DFB레이저 다이오드의 파장가변 범위를 나타내는 반복 모드 간격(the repeat mode spacing, $\Delta\nu_{rep}$)은 식(2)로 구할 수 있다.

$$\Delta\nu_{rep} = \Delta\nu \frac{\Delta\nu'}{\Delta\nu - \Delta\nu'} = \frac{c}{2n_g Z_0} \frac{Z_0}{Z'_0 - Z_0} \quad (2)$$

두 영역의 SG-DFB중 한 영역의 위상 제어 영역 굴절률을 변화시키면 모드의 위치가 변화하게 되고 이에 따라 두 영역의 모드가 일치하는 파장도 변하게 된다. 즉 발진 파장이 변화하게 되고 이때의 발진 파장간의 간격은 굴절률의 변화가 없는 영역의 모드간의 간격과 같게 된다. 또한 두 영역의 위상 제어 영역의 굴절률을 적절히 변화시키면 연속적인 파장 가변이 가능하다. 본 논문에서 제안한 레이저 다이오드를 해석하기 위해 연산자 분리 시영역 모델(Split-Step Time Domain Model)을 사용하여 전산 모의 실험을 수행하였다⁽²⁾. 전체 소자의 길이는 $1183.5\mu\text{m}$ 이고 각 SG-DFB영역의 추출격자 주기는 $202.5\mu\text{m}$, $192\mu\text{m}$ 로 하였고 각 영역의 추출 격자 개수는 3개로 하였다. 그리고 위상제어 영역의 길이는 각각 $75\mu\text{m}$ 로 가정하였다. 나머지 레이저 다이오드 파라미터는 표 1에 정리해 놓았다. 그림 2는 추출격

자 주기가 $192\mu\text{m}$ 인 SG-DFB 영역의 위상제어 영역 굴절률 변화에 따른 발진 파장의 변화이다. 굴절률의 변화에 따라 발진파장은 약 24nm 정도를 일정한 간격으로 변화함을 볼 수 있다. 각각의 발진파장 간격은 추출격자 주기가 $202.5\mu\text{m}$ 인 SG-DFB 영역의 모드간의 간격과 같음을 확인할 수 있다. 계산된 출력 광 파워는 약 23mW 로 유사한 구조의 SG-DBR 레이저 다이오드에 비해 광 출력 효율이 우수하고, 파장변화에 따라 출력 광 파워가 일정함을 볼 수 있다. 그림 3은 발진파장에서의 파장 스펙트럼을 중첩시킨 그림이다. 각각의 발진파장은 40dB 이상 높은 부모드 억제율의 단일모드로 발진함을 볼 수 있다.

본 논문에서는 추출격자 주기가 서로 다른 2개의 SG-DFB를 집적시킨 새로운 구조의 광대역 파장 가변 레이저 다이오드를 제안하였다. 제안된 레이저 다이오드는 적절한 구조에서 24nm 정도 광대역 파장 가변이 가능하고, 높은 출력 광 파워로 발진 가능할 것으로 예상된다.

[감사의 글] 본 논문은 한국전자통신원의 위탁 연구 과제 지원에 의한 것 입니다.

표 1. 전산 모의실험에 사용한 파라미터

Spontaneous recombination coeff	$1 \cdot 10^{-10} \text{cm}^3 \text{s}^{-1}$
Auger recombination coeff	$1.3 \cdot 10^{-28} \text{cm}^6 \text{s}^{-1}$
Transparency carrier density	$1.5 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$
Linewidth enhancement factor	3
Differential gain	$3 \cdot 10^{-16} \text{cm}^2$
Effective group index	3.7
Confinement factor in passive	0.70
in active	0.17
Waveguide strip width	$1.5\mu\text{m}$
Thickness of passive region	$0.23\mu\text{m}$
active region	$0.12\mu\text{m}$
Coupling coefficient	200cm^{-1}

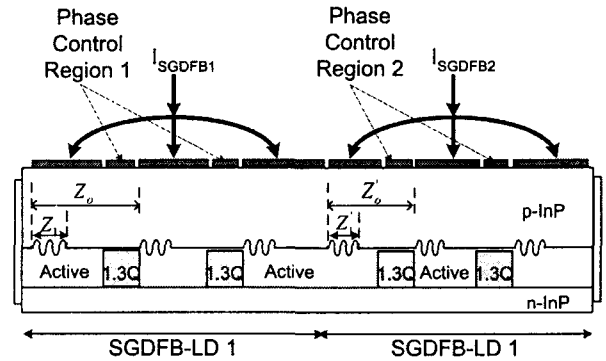


그림 1. 제안한 레이저 다이오드의 구조

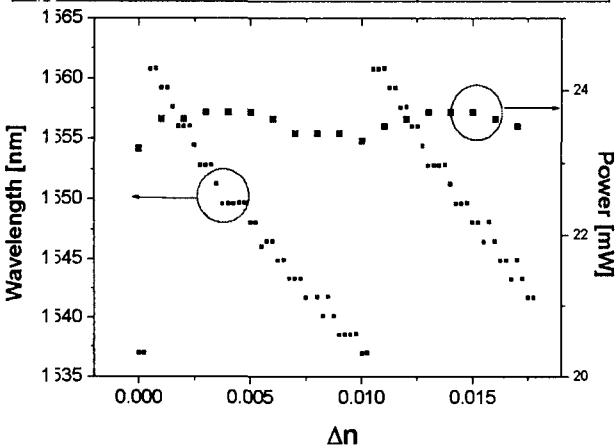


그림 2. 위상 제어영역의 굴절률 변화에 따른 발진 파장의 변화와 출력 광 파워의 변화

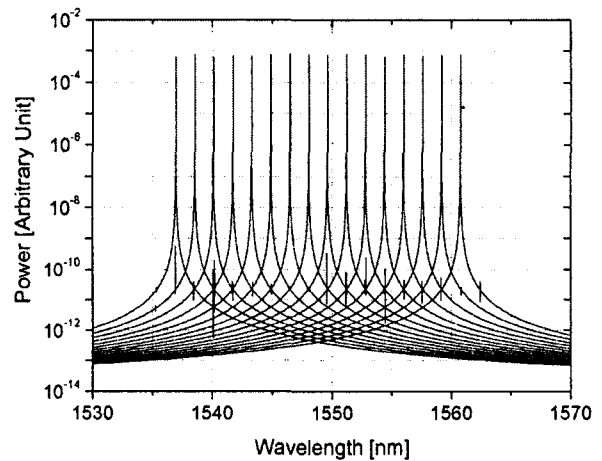


그림 3. 출력 파장 스펙트럼

(1) L. A. Coldren, "Monolithic Tunable Diode Lasers", IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 6, No. 6, pp. 988-999, Nov/Dec 2000.

(2) B.-S. Kim; Y. Chung; J.-S. Lee, "An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes," IEEE J. of Quantum Electronics, Vol. 36, No. 7, pp. 787-794, Jul 2000