

반도체 레이저와 광 증폭기의 수평 결합 방식을 기반으로 하는 전광 파장변환기

Wavelength Converter Based on Laterally coupled Semiconductor Optical Amplifier with Semiconductor Laser

김대신, 강병권, 박윤호, 이 석, 김선호, 한상국*
한국과학기술연구원 광기술연구센터, *연세대학교 전기 및 컴퓨터 공학과
dskim@kist.re.kr

파장 분할 다중 방식을 사용하는 모든 전광 통신망은 파장 재사용과 routing을 위해 반드시 파장 변환기를 필요로 한다. 본 논문에서는 반도체 광 증폭기와 반도체 레이저를 수평 결합시킨 새로운 구조를 제안함으로써 기존의 파장 변환기가 가졌던 문제점들을[1][2][3] 해결하고자 한다.

두개의 모드가 약하게 결합되었을 때는 그 파의 크기나 전파상수는 서로 영향을 미치게 된다. 예를 들면 수평결합 파장가변 LD[4]나 방향성 결합 파장 변환기[5]는 이 특성을 이용한 소자이다. 본 논문에서 제안된 소자도 이러한 결합모드 특성을 이용하였다.

제안된 소자의 활성층은 InGaAsP 다중 양자 우물 구조로 이루어졌고, 두 개의 도파로 중 한쪽 도파로의 끝 면을 식각 시킨 후 무 반사 코팅한 다음 클리빙을 통해 분리된 각각의 반사면과 무반사면을 얻을 것이다. 제안된 소자의 구조는 그림1에 나타내었다.

이 소자는 무 반사 코팅된 반도체 광증폭기(cavity1)와 전기적으로 제어되는 반사계수를 갖는 반도체 레이저(cavity2)로 구성되어 있다. Cavity1에 입사된 외부의 광원에 의해 야기된 캐리어 밀도의 변화는 cavity1의 굴절률의 실수부와 허수부의 변화를 가져오고 이는 결합계수의 변화를 일으키고 cavity2의 전파상수와 필드 크기의 변화를 일으킨다. 그 결과로 cavity 1에 입사시킨 input 의 입력신호의 강도 변화에 따른 변화를 cavity2의 출력포트에서 output의 강도 변조된 출력신호로 얻을 수 있다.

일반적으로 모드 필드의 self-reproducing을 위한 정상 조건은 $T_{round} \cdot U$ 로 표현 할 수 있다. 여기서 U 는 독립된 채널모드의 크기로 표현되는 광 필드의 크기를 나타내는 벡터이고, T_{round} 는 round-trip 전파 matrix를 나타낸다.

$$T_{round} = (P_1 P_2)^2 \begin{bmatrix} r_1(r_2 A^2 + r_4 C^2) & -r_1(r_2 A + r_4 B)C \\ -r_3(r_2 A + r_4 B)C & r_3(r_2 C^2 + r_4 B^2) \end{bmatrix} \sigma_{1,2} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\beta_1 - \beta_2}{2}\right)^2 + K_{ab} K_{ba}}$$

K_{ab} , K_{ba} 는 독립된 도파로의 결합 계수를 나타낸다. 대각 행렬 형태의 round trip 방정식에서 비록 cavity1의 반사율의 0이어도 cavity2는 적당한 이득과 파장을 갖는다면 round trip 조건을 만족시킬 수 있다(그림 2). 또한 수정된 TMM[6]을 사용하여 대신호 동적 모델을 모의 실험하였으며 이는 결합모드 형식에 기반을 두었다. 그리고 반사면의 반사율을 고려하였으며 유효 굴절률의 변화를 포함시켰다.

$$[A_k] = \begin{bmatrix} \frac{2n_1}{n_1 + n_2} & \frac{n_2 - n_1}{2n_2} \\ \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} & \frac{n_2 + n_1}{2n_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{\sigma_l} & 0 \\ 0 & e^{-\sigma_l} \end{bmatrix} \quad [A_l] = \begin{bmatrix} a_{11} - \frac{a_{12} a_{21}}{a_{22}} & \frac{a_{12}}{a_{22}} \\ -\frac{a_{21}}{a_{22}} & \frac{1}{a_{22}} \end{bmatrix} \quad (A_{kk} = [a_{ij}])$$

이 transfer matrix $[A_k]$ 를 통해 각 색션의 출력에서의 진행파가 업데이트시키고 동적 모델을 실현시키

7. 위해 total transfer matrix $[A_{ik}]$ 를 시간에 의존하는 scattering matrix $[A_t]$ 로 수정하였다.

제안된 소자는 Mach-Zehnder 간섭계 구조를 필요치 않으므로 상당히 큰 입력 전력 범위를 갖는다. 또한 파장가변 LD등 기존의 반도체 레이저의 특성을 살릴 수 있는 장점이 있다. 그리고 이 구조는 광원을 따로 필요치 않으므로 소자의 집적화가 용이하다. 이 소자의 특징을 살펴보기 위하여 Eye Operating Ratio(EOR)을 구해 보면 정상 상태에서 동작하므로 처핑 효과가 매우 적음을 알 수 있고, 약 1ns 지난 후부터 출력 전력은 두개 모드간 beating 의 결과로 인해 작은 크기의 oscillation을 갖기 시작하나 그림 3은 이 영향은 그다지 크지 않음을 보여주며, 적당한 전류가 인가된다면 기존의 결과[7]에 비해 우수한 결과를 얻을 수 있다. 이 결과는 동시에 regenerating 및 reshaping의 중요한 특성을 가짐으로 초고속 디지털 응용에 매우 유용할 것이다.

참고문헌

- 1] R. Ludwig, et al., *Electron Lett*, vol. 30, pp.338-339, 1994.
- 2] T. Durhuus, et al., *IEEE Photon Technol. Lett.* vol.5, pp.86-88, 1993.
- 3] T. Durhuus, et al., *J. Lightwave Technol.*, vol.14, pp.942-954, 1996
- 4] G. Griffel, et al., *Appl. Phys. Lett.*, vol.58, pp.1827-1829, 1991.
- 5] B. Ma, et al., *IEEE Photon Technol. Lett.* pp.188-190, 1999.
- 6] M. G. Davis, et al., *IEEE J. Quantum. Electron.*, vol. 30, pp. 2458-2466, 1994
- 7] H. L. Lee, et al., *IEEE J. Quantum. Electron.*, vol. 35, pp. 1213-1219, 1999

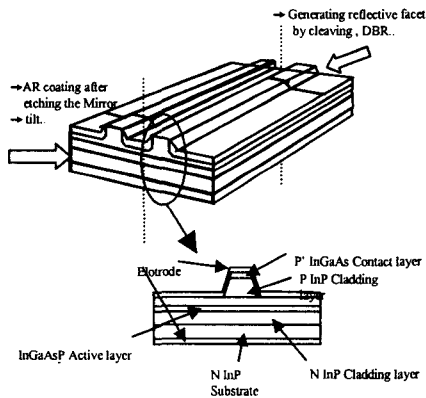


그림 1 제안된 소자의 구조

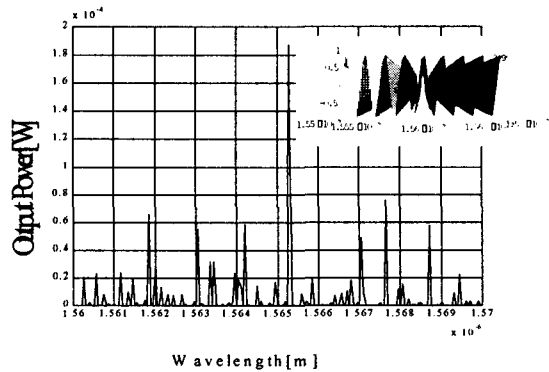


그림 2 제안된 구조의 Optical spectra ($P_{cw} = -1\text{dBm}$, $\text{sig} = 1.555\text{m}$, $I_1/I_2 = 80/40\text{mA}$). The small window at top left shows round trip condition

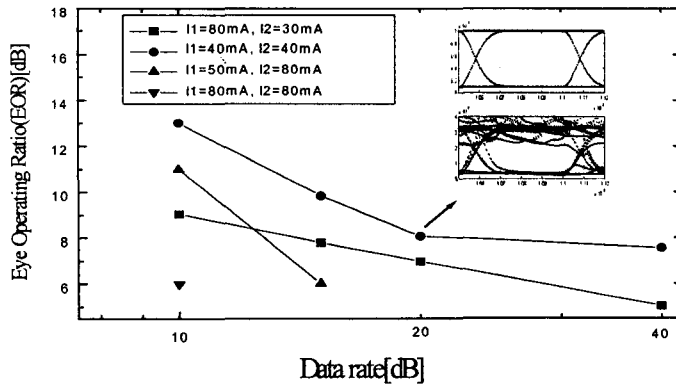


그림 3 EOR versus data rate at different injection currents in cavities, respectively. (the extinction ratio of input signal is 10dB, $\text{signal} = 1.55\text{m}$, $\text{lasing} = 1.561\text{m}$)