

고출력 CSP-LOC 레이저 다이오드의 모드 특성에 관한 연구

(A Study on the Mode Characteristics of CSP-LOC Laser Diode for High Power)

尹錫範*, 吳煥述*

(Seok Beom Yoon and Hwan Sool Oh)

要 約

본 논문은 최적의 고출력용 (GaAl) As/GaAs CSP-LOC 레이저 다이오드 구조를 설계하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 하였다. 실험 데이터를 근거로한 레이저다이오드의 설계변수로 각 층의 두께, 흡수계수, 스트라이프 폭등이 사용되었고 활성층(d_2)와 광 도파로층(d_3)의 두께가 각각 $0.08 \mu\text{m}$, $0.5 \mu\text{m}$ 일때와 $0.1 \mu\text{m}$, $0.4 \mu\text{m}$ 일때 최적의 안정된 고출력용 CSP-LOC 구조를 얻었다. 따라서 본 논문에서는 실용적인 반도체레이저의 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 개발하였고 임의의 재료를 갖는 CSP-LOC 구조에 이 프로그램의 적용이 가능하다.

Abstract

In this paper, we have optimized the computation of the CSP - LOC (Channel Substrate Planar-Large Optical Cavity) structure to design the high power (Ga, Al) As/GaAs CSP-LOC laser diode. The parameters of the device on the bases of experimental datas include the effects of the various layer thickness, material absorption coefficients, stripe width and so forth. At active layer (d_2) = $0.08 \mu\text{m}$ with optical layer (d_3) = $0.5 \mu\text{m}$ and $d_2 = 0.1 \mu\text{m}$ with $d_3 = 0.4 \mu\text{m}$, we find the narrower beam divergence and stable high power in the lowest-order mode without the phenomenon of spatial hole burning. The results of theoretical computation show good agreement with experimental measurements made on LPE grown CSP-LOC. Finally, we developed an practical program and the program is applicable to the CSP-LOC lasers with any materials.

I. 서 론

광 통신용 광원인 레이저 다이오드는 최근 레이저 프린터, OMR 관독기, 광 디스크 등 그 응용범위가 날로 증대되고있다. 최근에 레이저다이오드에 관한 연구도 단일모드 발진 빔을 갖으며 고출력을 얻어 낼 수 있는 소자 개발로 반도체레이저의 구조가 대

두되고 있다.^[1,2] 최초의 스트라이프 구조 레이저 다이오드는 이득도파 구조로써 측 방향의 캐리어 및 광의 구속이 원활하지 못함으로써 "kink" 현상이 나타나고 효율 버닝 현상이 유발되었다.^[3] 이런 단점을 보완하기 위해 측방향으로 강한 구속을 갖게하는 실효유효 굴절율에 의한 빛의 전파를 이루는 굴절도파 구조인 레이저다이오드가 개발되었다.^[4,5,6] 본 논문의 CSP-LOC 구조는 측 방향 구속에서 활성층과 클래딩층 간의 사이에 광 도파로층을 삽입함으로써 광 에너지의 상당 부분이 클래딩 층으로 누설되

*正會員, 建國大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Konkuk Univ.)
接受日字: 1988年 8月 8日

는 것을 막고 활성층에서는 캐리어 구속에 의한 이득의 생성과 광도파로 층에서 빛의 전파를 효과적으로 하여 Near-field의 촛점크기를 크게하여 far-field의 빔폭을 CSP-DH(channel substrate planar-double hetero junction) laser 구조보다 좀더 예리하면서 고출력을 얻도록 설계하는 것이다.^{7,8)}

따라서, CSP-LOC 구조 설계시 DH 구조에는 없는 광 도파로층의 굴절율과 활성층 간의 굴절율 차를 상대적으로 적게(0.1~0.15) 하여야 한다. 종래의 LOC 구조에서는 횡 방향과 측 방향에의 모우드에 관한 해석에서 주입 캐리어에 의한 굴절율의 감쇄 효과를 무시 하였다. 하지만 근래에 들어와 이에 관하여 언급되고 있다.^{9,10)} 본 연구의 목적은 각 층에 유효굴절율 방법을 사용하여 측 방향으로 채널 영역 내에 "+" 굴절 도파구조를 형성하고 채널영역에서의 도파 모우드와 이에 따른 far-field pattern의 특징 및 임계이득값이 어떤 모우드에서 레이징 되는가를 결정하는 것이다. 이에 따라 활성층과 광 도파로층의 두께 변화에 따른 컴퓨터 시뮬레이션의 결과로 나타나는 유효 굴절율 분포 및 near-field와 far-field pattern을 고찰하고자 한다.

II. 본 론

그림 1은 CSP-LOC 구조이며 N형 GaAs기판위에 V 모양의 채널로 에칭한 후 N형, P형 GaAlAs를 LPE 성장법으로 성장시킨 구조이다. 전류의 주입으로 채널내부에서 주로 캐리어의 재 결합으로 빛이 전파하나 채널 바깥 영역에서 생성된 횡방향의 비입은 d3(광 도파로층)와 t(confine 층)의 두께를 적당히 조정하면 비입의 꼬리 부분이 높은 흡수계수를 갖는 GaAs 기판속으로 감쇄해 버린다. 따라서, 채널안과 채널바깥에서 유효 굴절율 차를 가지므로 측

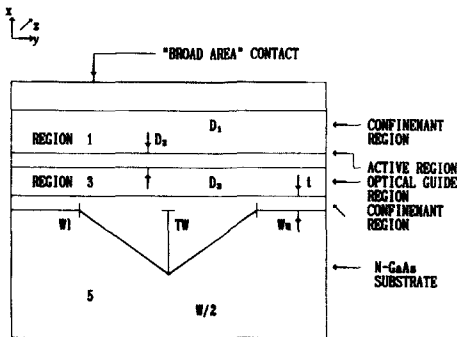


그림 1. 5층구조 CSP-LOC 레이저
Fig. 1. The schematic cross section of the CSP-LOC laser with five layers.

방향으로 광의 구속을 원활히 하며 횡 방향으로 Al 물 성분비를 영역 3보다 영역 4에서 더 크게 함으로써 광의 구속을 이룬다.¹¹⁾ 컴퓨터 시뮬레이션을 위하여 각 설계변수들을 다음과 같이 정하였다. 채널의 가운데를 중심으로 ±1.4 μm에서 0.01 μm씩 가변하여 채널폭이 2.8 μm로 하였고 발진파장 λ는 0.83 μm이고 GaAs 기판에서의 손실은 5000cm⁻¹로 하였고 보통 100~10000cm⁻¹ 범위에서 흡수계수에 따른 다른 인자에 영향을 미치지 않음은 보고된 바 있다.^{11,12)} 활성층의 채널영역(|y|<1.4)에서 생성된 광電磁界도 하나의 파동이므로 횡모우드 전개성분은 맥스웰의 파동방정식으로서 다음과 같이 주어진다.

$$\nabla^2 \Psi + [k_0^2 x(x, y) + y^2] \Psi = 0 \tag{1}$$

여기서 x는 정적상태에서는 횡 및 측방향에 아무 변화가 없으나 동적 상태에서는 활성층의 유전상수는 이득 분포에 영향을 미친다. y는 a/2+jβ로써 복소 전파상수이다. 이때 z방향으로 도파하는 광전계는 다음과 같다.

$$\Psi(x, y, z) = u(x, y) v(y) \exp(j\omega t - \gamma z) \tag{2}$$

이때 u(x, y)는 횡방향(x방향)에 따르는 transverse field 형태이나 y방향에 따라 v(y)로 느리게 변화 하며 측 방향의 lateral field v(y)를 만족시키는 방정식은 (1)과 (2)에서

$$v \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + [k_0^2 n^2(x, y) + \gamma^2] uv = 0 \tag{3}$$

윗 식에서 횡방향의 전개성분인 u의 공역 u*를 곱하고 (-∞, ∞)의 범위에서 x에 따라 적분하면 다음과 같은 측 방향의 전개성분 v(y)를 구하게 된다.

$$\frac{d^2 v}{dy^2} + [\gamma^2 - \gamma_0^2(y) + k_0^2 \Gamma_2(y) \delta x_1(y)] v(y) = 0 \tag{4}$$

여기서 k₀는 자유공간에서의 파수이고 2π/λ₀이다. 그리고 전류주입이 없을때 매질에서 γ₀는 다음과 같다.

$$\gamma_0(y) = \alpha_0(y) + jk_0 n_{e0}(y)$$

본 논문에서는 활성층의 흡수계수를 α₀ = 0로 두었다. 보통 LOC 구조에서 광도파로층의 도우핑농도를 5 × 10¹⁷ cm⁻³ 이하로 하므로 자유캐리어 흡수손실(free carrier absorption loss)는 매우작다. 또, p-n AlGaAs 클래딩층으로 전개수설은 무시하였다. 전류주입이 없을때 y방향의 유전율 변화량 δk₁(y)는 0

이다. 그리고 전류주입이 있을때 유전율 변화량은 다음과 같다.

$$\delta k_1(y) = 2n_2 \delta n(y) + j \frac{n_2 g(y)}{k_0} \quad (5)$$

그리고 활성층에서 광의 구속인자 $\Gamma_2(y)$ 는 다음과 같다.

$$\Gamma_2(y) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} E_y(x) E_y^*(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} E_y(x) E_y^*(x) dx} \quad (6)$$

윗 식은 $y=0$ 에서 최대가 되며 $|y|$ 가 증가하면 지수함수적으로 감쇄 하고 이를 활성층에서의 모우드 출력의 광 구속인자라 한다.

$$n_{eo} = -j \frac{\gamma_0}{k_0} \quad (7)$$

$$n_{err} = n_{eo}(y) + \Gamma(y) \delta n_1(y) \quad (8)$$

식 (7)은 정적 상태시 유효굴절율을 나타내고 식 (8)은 동적상태시의 활성층의 채널 영역내의 실효 굴절율로써 식 (5)와 식 (7)에서 구해진다. LOC구조에서 활성층두께 d_2 와 광 도파로 두께 d_3 의 변화로 인하여 y 방향의 모우드에 영향을 주므로 유효굴절율 $n_e(y)$ 가 변하여 $\Gamma(y)$ 에도 영향을 준다. 따라서 $\Gamma(y)$ 는 식 (4)에서 $\delta x_1(y)$ 의 계수이므로 활성층 내로 주입된 캐리어에 의하여 유전율 변화가 $\Gamma(y)$ 에 따라 변조된다. 식 (8)에서 $\delta n(y)$ 는 전류를 주입할때 활성층의 자유캐리어 분포로인한 복소 굴절율 변화량이다. 만일 실효굴절율 값의 2차 미분이 0보다 작으면 도파 모우드를 갖고 0보다 크면 활성층의 굴절율이 저하되며 이때 호울버닝 현상이 나타나며 이를 *antiguiding* 상태라 한다.^[14] 식 (8)의 채널 안쪽영역과 바깥영역의 차에따라 y 방향에서의 도파성질을 결정하며 이 차의 허수부분은

$$\Delta \alpha = -2k_0 \Gamma_m \frac{\gamma_0}{k_0} \quad (9)$$

으로써 활성층내의 흡수계수 즉, 이득으로 작용된다. 활성층내로 캐리어의 주입에 의한 이득 계수는

$$g(y) = aN(y) - 190[\text{cm}^{-1}] \quad (10)$$

여기서 190은 이득이 없을때의 기본흡수이고 $a=2.5 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ 값을 갖는다. CSP-LOC 구조 (Ga, Al)As / GaAs 레이저 구조에서 y 방향으로 캐리어의 확산이 없으므로 캐리어 주입농도 $N(y)$ 는 다음과 같이 된다.

$$N(y) \propto \frac{J_{err}(y)}{d_2(y)} \quad (11)$$

식 (10)과 식 (11)로부터 활성층내에 캐리어의 확산으로 인한 y 방향에 따른 이득분포 $g(y)$ 는 다음과 같다.

$$g(y) = 45 \times \frac{J_{err}(y)}{d_2(y)} - 190[\text{cm}^{-1}] \quad (12)$$

CSP-LOC 구조 레이저에서 활성층의 전류분포는 다음과 같이 표현 할 수 있다.^[15]

$$J_x(y) = J_0 \quad |y| < \frac{S}{2} \\ = \frac{J_0}{[1 + (|y| - S/2)/y_0]^2} \quad |y| > \frac{S}{2} \quad (13)$$

여기서 S 는 스트라이프 폭, y_0 는 스트라이프 폭 아래에서의 전류밀도로서 다음과 같다.^[16]

$$y_0 \propto \frac{1}{J_0^{1/2}} \quad (14)$$

여기서 J_0 는 활성층 내의 재결합시 사용된 전류밀도이며 광 도파로층으로 캐리어 누설은 다이오드 구동전류에 의존할때 n_1 값은 다음과 같이 가정 한다.

$$\Delta n_1(y) = \frac{R(g(y) + 190)}{k_0} \quad (15)$$

여기서 $R < 0$ 이면 *antiguiding*이며 다음과 같이 정의한다.^[17]

$$R = \frac{\partial n}{\partial g/k_0} \quad (16)$$

전계와 near-field intensity의 이론계산은 모두 정규화한 경우 다음과 같다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} E_y(x) E_y^*(x) dx = 1 \quad (17)$$

Far-field Intensity $I(\theta)$ 는 Near-field 분포를 fourier 변환하여 얻는다.

$$I(\theta) = \frac{|g(\theta) \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x) \exp(j \sin \theta k_0 x) dx|^2}{|g(0) \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x) dx|^2} \quad (18)$$

여기서 $g(\theta)$ 는 obliquity factor 이다.^[18] 한편 전류주입시 호울과 전자가 활성층에 주입되는데 다음과 같은 확산 방정식이 필요하다.

$$L_b^2 \times \frac{d^2 n(y)}{dy^2} - \frac{n(y)}{\tau_s} = \frac{1}{q} \times \left[-\frac{J(y)}{\omega_2(y)} \right] + R_{st} \quad (19)$$

윗 식에서 L_b 는 확산거리, τ_s 는 자연방출 수명시

간 $J(y)$ 는 횡방향 전류밀도이며 R_{01} 는 평균유도재 결합율로써 전류밀도가 임계값을 초월할때 sink 역할을 하면서 레이저 수행을 결정하는 매우 중요한 인자이다. 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 측방향 해석을 위한 블록도는 그림 2와 같다.

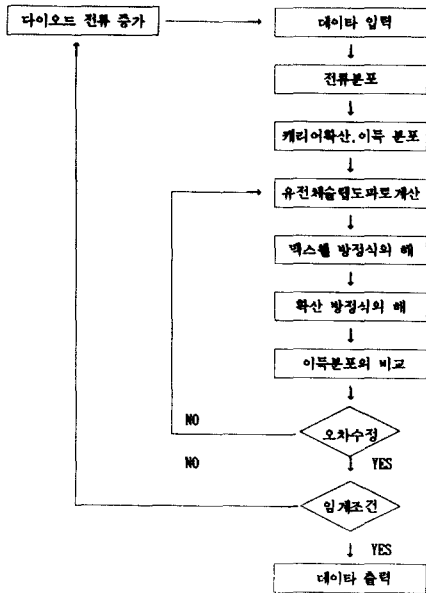


그림 2. CSP-LOC의 측방향 해석을 위한 블록도
Fig. 2. The block diagram for the lateral analysis of the CSP-LOC laser.

III. 컴퓨터 시뮬레이션 및 결과 고찰

CSP-LOC 구조 레이저를 설계할 때 도파로층 d_3 의 농도는 보통 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 로 도우핑하는데 이는 자유 캐리어의 흡수 손실을 거의 무시할 수 있기 때문이다. 또 P, N-AlGaAs 클래딩층으로 전계의 누설을 무시하여도 된다. $\Gamma(y)$ 의 변화를 알기 위하여 유효 굴절율을 구해야 되며, 이를 위하여 활성층 d_2 와 도파로층 d_3 의 두께를 먼저 설정하였다. 그리고 식 (12)의 전류 분포로 인한 이득 계산식에서 캐리어 확산효과와 온도 분포($\pm 30^\circ$ 변화)를 고려하지 않았는데 CSP-LOC 구조 레이저의 본성을 분석하는데는 충분하였고 활성층에서 광도파로층으로 캐리어 누설은 단지 다이오드의 총 구동전류를 증가시켰다. 그림 3은 활성층 두께 $d_2 = 0.08 \mu\text{m}$, 도파로층 두께 $d_3 = 0.4 \mu\text{m}$ 로 할때 정적 상태와 동적 상태에서의 유효 굴절율 분포도이다. 계산에서 채널발광 영역($|y| > 1.4$)에서는 정적, 동적상태 모두 상수로 하였다. 정적상태에서는 유효 굴절율 분포 변화가 없으나 전류 주

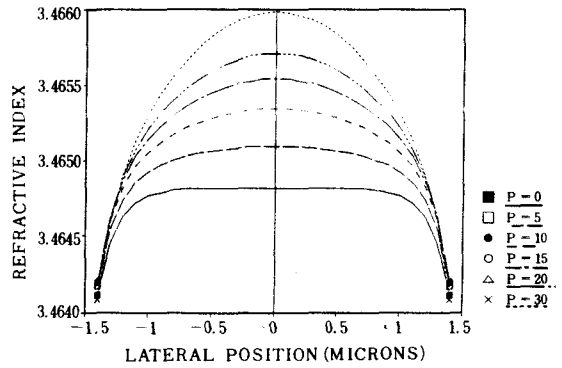


그림 3. 출력변화에 따른 측방향의 유효굴절율 분포
Fig. 3. The lateral refractive index for the power variations.

입이 증가하여 출력이 커질 수록 $y = 0$ 를 중심으로 굴절율 분포가 강하고 예리해 짐을 보이고 있다. 그림 4는 활성층 두께 d_2 를 $d_2 = 0.08 \mu\text{m}$ 인 경우로 고정하고 도파로 두께 d_3 를 0.3, 0.4 그리고 $0.5 \mu\text{m}$ 로 변화시킬때 감쇄계수이며, 도파로 두께 d_3 가 $0.5 \mu\text{m}$ 에서 감쇄계수는 5×10^{-4} 이며 d_3 값이 적을 수록 감쇄계수가 커짐을 알 수 있다. 그림 5는 그림 4와 같은 조건하에서 채널 영역내에서의 이득 분포이다. 도파로층이 증가하면 이득도 증가함을 알 수 있으며 이로써 초점크기(spot size)도 커지게 된다. 또 CSP-LOC 구조는 CSP-DH 구조에 비해서 낮은 출력에서는 호울버닝(hole burning) 현상이 거의 무시됨을 알 수 있다.^[10,19]

그림 6은 활성층 두께 $d_2 = 0.08 \mu\text{m}$ 로 하고 광도파로층인 d_3 를 0.3, 0.4, $0.5 \mu\text{m}$ 로 변화할 때 Far-field Pattern이며, 광도파로 층이 두꺼울수록 예리한 출력 비임을 얻었고 그림 7은 광도파로 층 $d_3 = 0.4 \mu\text{m}$ 로 고정시키고 활성층 두께 d_2 를 $0.05 \mu\text{m}$, $0.08 \mu\text{m}$,

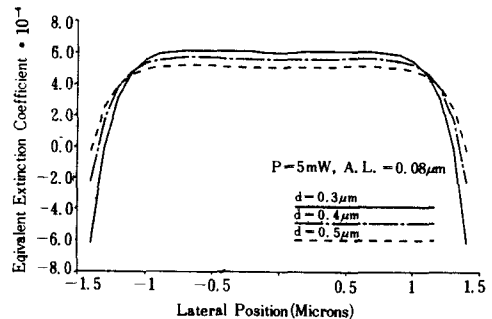


그림 4. 광도파로층 변화에 따른 측방향감쇄계수 왜 분포
Fig. . The lateral extinction coefficient for the optical laxyer variation.

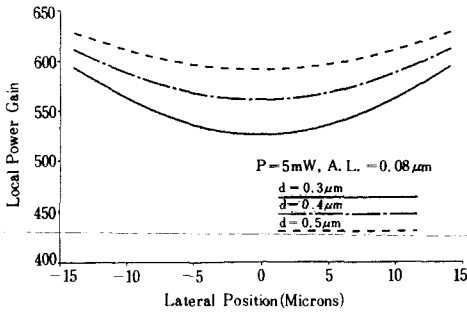


그림 5. 광도파로층 변화에 따른 측방향 이득분포
Fig. 5. The lateral gain distribution for the optical layer variation.

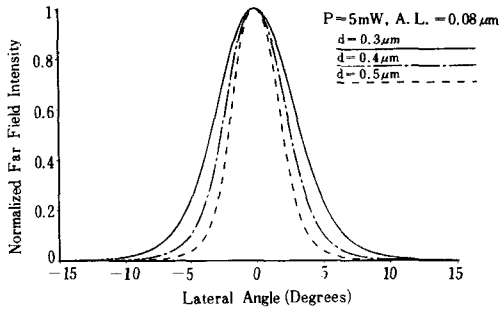


그림 6. 광도파로층 변화시의 정규화된 far-field 세기
Fig. 6. The normalized far-field intensity for the optical layer variation.

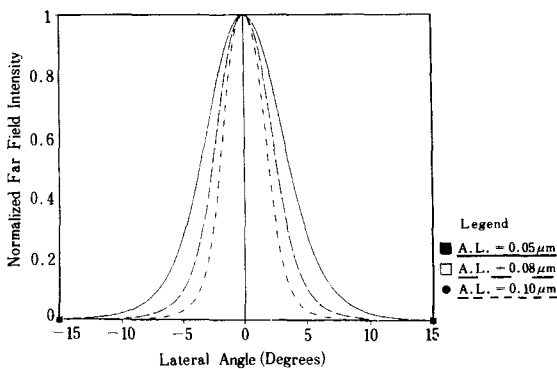


그림 7. 활성층 변화에 따른 정규화된 far-field 세기
Fig. 7. The normalized far-field intensity with the active layer variation.

0.1 μm 로 가변할 때 Far-field 강도를 나타내었다. 종래의 CSP-DH 레이저다이오드에서는 임계전류를 낮추기 위해 활성층의 폭을 줄이는 것이 요구되었으나 광도파로 층을 삽입하면 오히려 활성층의 폭을 증가

할 때 안정되고 예리한 단일 발진 빔을 갖는 고출력을 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

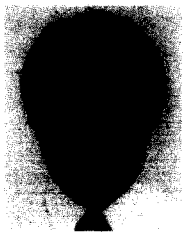
보다 안정된 단일 모우드의 고출력을 내는 (Ga, Al)As/GaAs CSP-LOC 레이저를 설계하기 위하여 다이오드의 구조적 특성을 해석하여 컴퓨터 시뮬레이션 하였다. 즉, 다이오드의 활성층의 채널 영역에서 전류 주입으로 인한 캐리어 확산이 유효 굴절률 값의 변화를 가져왔고, 이때 정적 및 동적 특성에 관하여 고찰해 보았다. 고출력용 레이저 다이오드의 설계를 위한 기본 모우드만 전파하고 호울 버닝 현상이 일어나지 않는 활성층과 도파로층의 최적의 두께를 구할 수 있었다. 활성층 두께 d_2 가 $0.08 \mu\text{m}$ 이고 도파로층 두께 d_3 가 $0.5 \mu\text{m}$, 광도파로층 두께가 0.3, 0.4, $0.5 \mu\text{m}$ 일때 광도파로층이 $0.5 \mu\text{m}$ 에서 더 예리한 빔을 얻을 수 있고, 광 도파로층의 두께가 0.4로 고정시켰을때 활성층 두께를 0.05, 0.08, $0.1 \mu\text{m}$ 로 가변시 $0.1 \mu\text{m}$ 에서 더 예리한 빔을 얻을 수 있었으며 따라서 종합적인 해석의 결과로서는 활성층과 광 도파로층의 두께가 모두 클수록 ($d_2 = 0.1 \mu\text{m}$, $d_3 = 0.5 \mu\text{m}$) 안정된 예리한 발진 빔을 얻을 수 있음을 유추할 수 있다.

參 考 文 獻

- [1] S. Wang et. al., "Control of mode behavior in semiconductor laser," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-17, pp. 453-468, Apr. 1981.
- [2] D. Botez et al., "Mode control in high-power CDH-LOC diode lasers in the W-shaped lateral wave guide," in *proc. 3rd Int. conf. on Integrated opt. and opt. Fiber commun., an Fransisco, CA.*, Apr. 27-29, pp. 10-11, paper MB5 1981.
- [3] R.W. Dixon et al., "Improved light-output linearity in stripe-geometry double heterostructure (Al, Ga) As lasers," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 29, pp. 372-374, 1976.
- [4] H. Namizaki, "Transverse-Junction-Stripe lasers with a GaAs p-n homojunction," *IEEE, J. Quantum Electron.*, vol. QE-11, pp. 427-431, July 1975.
- [5] T. Tsukada, "GaAs-GaAlAs buried-heterostructure injection lasers," *J. Appl. Phys.*, vol. 45, pp. 4899-4906, 1974.
- [6] Y. Tde et al., "Transverse mode stabilized AlGaAs/GaAs planar-convex waveguide laser

- made by a single-step LPE," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 36, pp. 121-123, 1980.
- [7] J.K. Butler et al., "Mode characteristics of nonplanar double-heterojunction and Loc laser structures," *IEEE, J. Quantum Electron.*, vol. 18, pp. 952-961, 1982.
- [8] J.K. Butler et al., "Lateral mode discrimination and control in high-power single-mode diode lasers of the large-optical-cavity (LOC) type," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 20, pp. 879-891, 1984.
- [9] W. Streifer et al., "Analysis of diode lasers with lateral spatial variations in thickness," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 137, pp. 122-123, July 1980.
- [10] J.K. Butler et al., "Mode Characteristics of Nonplanar Double-Heterojunction and Large-Optical-Cavity Laser Structures," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 18, pp. 952-961, Jun. 1982.
- [11] H.C. Casey Jr. et al., "Refractive index of AlGaAs between 1.2 and 1.8 eV," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 24, pp. 63-65, 1974.
- [12] T. Kuroda et al., "CSP structure AlGaAs laser an analytical waveguide study," *Appl. Opt.*, vol. 17, no. 20, pp. 3264-3267, Oct. 1976.
- [13] D.R. Scifres et al., "Output coupling and distributed feedback utilizing substrate corregations in double-heterostructure GaAs lasers," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 27, no. 5, pp. 295-297, 1975.
- [14] C.S. Wang et al., "Modal characteristics of optical stripline waveguides," *J. Appl. Phys.*, vol. 47, pp. 4033-4043, Sept. 1976.
- [15] H. Yonezu et al., "A GaAs/AlGaAs double heterostructure planar stripe laser," *Jap. J. Appl. Phys.* vol. 12, pp. 1585-1592, 1973.
- [16] F. Stern, "Calculated spectral dependence of gain in excited GaAs," *J. Appl. Phys.*, vol. 47, p. 5382, Dec. 1976.
- [17] J. Manning et al., "The carrier-included index change in AlGaAs and 1.3 μ m InGaAs diode lasers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-19, pp. 1525-1530, Oct. 1983.
- [18] L. Lewin, "Obliquity-factor correction to solid-state radiation pattern," *J. Appl. Phys.*, vol. 46, pp. 2323-2324, May 1975.
- [19] J.K. Butler et al., "Analysis and performance of CSP-DH Lasers with Geometrical asymmetries," *IEEE. Quantum Electron.* QE-23. pp. 1890-1899, Nov. 1987. *

 著 者 紹 介



吳煥述(正會員)

1951年 10月 18日生. 1975年 2月 연세대학교 전자과 졸업. 1977年 6月 보병 제25사단 통신지원대 제대(ROTC 13# OBRC 9#). 1984年 2月 연세대학교 전자과 박사 학위 취득. 1985年~1986年 미국

SMU, Texas, 과학재단 지원하에 J.K. Butler 초청으로 연수. 1979年~현재 건국대학교 전자과 부교수. 주관심분야는 광전자공학이며 특히 슬랩도파로 이론 및 결합 모우드해석으로 반도체레이저와 레이저어레이의 구조에 관한 성능 분석을 연구하고 있으며 bird beak에 관해서도 연구중임.



尹錫範(正會員)

1963年 10月 21日生. 1985年 2月 건국대학교 전자공학과 졸업, 학사 학위 취득, 1987年 3月~현재 건국대학교 전자공학과 석사과정 재학중. 주관심분야는 III-V족 화합물 반도체 및 광소자 분야임.