

論文95-32A-10-6

고출력 $Al_{0.07}Ga_{0.93}As$ 레이저 다이오드 어레이 제작(Fabrication of High Power $Al_{0.07}Ga_{0.93}As$
Laser Diode Array)孫洛辰*, 朴晟秀*, 安正諄*, 權五大*, 桂溶燦**,
鄭智采***, 崔榮洙****, 康應哲****, 金在基****(N.J.Son, S.Park, J.C.Ahn, O'DaeKwon, Y.C.Kye, J.C.Jeong,
Y.S.Choi, E.C.Kang, and J.K.Kim)

요 약

$Al_{0.07}Ga_{0.93}As$ 활성층의 두께가 150Å인 GRIN-SCH구조를 MOCVD(metal organic chemical vapor deposition)로 성장하여, 발진 파장이 809nm인 레이저 다이오드를 제작하였다. 파장에 대한 온도계수(temperature coefficient of wavelength)는 대략 0.2nm/°C이었다. 전류가 주입되는 stripe 폭은 100 μm 이고, 중심간의 거리는 450 μm 이다. 5개의 stripe은 절연층의 역할을 하는 SiO₂ 층에 의해서 분리되어 있다. 코팅되지 않은 레이저 다이오드에서, 0.8W의 광출력을 펄스 폭1 μs , 주기1kHz, 2.0A펄스 구동으로 얻었으며, 외부 양자효율은 64%이며, 문턱전류밀도는 736A/cm²이었고, 이때의 공진기 길이는 500 μm 이었다. 내부 양자효율은 75.8%이었고, 내부손실은 4.83cm⁻¹이었다. 500 μm 의 stripe 폭을 가진 레이저 다이오드 어레이에서, 최대 광출력은 3.1W였으며, 이때의 구동 전류는 펄스 폭1 μs , 주기1kHz, 9A펄스 전류이었고, 공진기 길이는 460 μm 이었다.

Abstract

A laser diode(LD) structure consisting of a single 150Å $Al_{0.07}Ga_{0.93}As$ quantum well active region operating at $\lambda=809nm$, clad with an AlGaAs graded-index separate confinement heterostructure, has been grown by MOCVD. Temperature coefficient of wavelength is approximately 0.2nm / °C for the diode. The active aperture consists of five emitters separated from each other by means of SiO₂ deposition and stripe formation, which creates insulating regions that channel the current to 100- μm -wide stripes placed on 450- μm centers. From a typical uncoated LD, the output power of 0.8W has been obtained at a 1 μs , 1kHz pulsed current level of 2.0A, which results in about 64% external quantum efficiency. The threshold current density is 736A/cm² for the case of 500 μm cavity length LD's. The measure of an internal quantum efficiency was 75.8% and the internal loss 4.83cm⁻¹. Finally, 3.1W output power has been obtained at a 1 μs , 1kHz pulsed current level of 9A from the 500 μm -aperture LD array with 460- μm - cavity length.

* 正會員, 浦港工科大学校 電子電氣工學科

(Department of Electronics & Electrical Engineering, POSTECH)

** 正會員, 三星綜合技術院

(Samsung Advanced Institute of Technology)

*** 正會員, 高麗大學校 電波工學科

(Department of Radio Engineering, Korea Uni-

versity)

**** 正會員, 國防科學研究所

(Agency for Defence Development)

※ 본 연구는 국방과학연구소(ADD) 기초연구과제의 지원을 받았음.

接受日字: 1995年4月17日, 수정완료일: 1995年10月10日

I. 서론

고체 레이저 펄핑용 광원으로 GaAs-AlGaAs 다이오드 레이저를 최초로 사용한 이후로^[1-2], 레이저 물질, 소자 형태와 펄핑원의 발달로 인해^[3], 최근에 고체 레이저 펄핑 광원으로서 고출력 레이저 다이오드에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, Ga와 Al비를 각각 달리하여 만든 (AlGa)As 반도체 레이저는 700~900nm의 파장을 얻을 수 있다. 이 파장대역은, Ho:YAG (2.1 μ m)^[4], Er³⁺:YLF (2.8 μ m)^[5], Nd:YVO₄ (1.06 μ m)^[6], Nd:BeL (1.07 μ m)^[6], Nd:YAG (1.06 μ m)^[7-8], Nd:glass (1.06 μ m)^[9] 등의 고체 레이저 이온을 펄핑할 수 있다.

기존의 적외선 램프 펄핑에 비해 다이오드 레이저가 가지는 장점은, 효율이 높고, 소형화 할 수 있으며, 다이오드 제작 기술의 발달로 신뢰도, 수명 및 가격면에서 뛰어나며, 에피 성장시에 물질의 비를 조정하여 쉽게 원하는 파장을 얻을 수 있으며, 동작 온도를 제어할 수 있기 때문에, 불필요한 열 발생을 막아 시스템을 보호할 수 있다.

펄핑을 위한 LD의 출력은 펄핑 대상인 고체레이저의 용도에 따라 다르며, 수십mW에서 수kW에까지 이른다. 반도체 레이저로 부터 고출력을 얻기 위해서는 발광 영역의 폭을 넓혀야 한다. 하지만, 발광 영역의 폭이 넓어짐에 따라 multilateral 모우드, filamentary 효과, lateral 모우드 불안정성의 문제가 발생하며, diffraction-limited 되지 않은 far-field 패턴은 빔의 세기를 감소시킨다. 불안정 공진기는 이런 문제점들을 해결 할 수 있지만^[10], 문턱 전류와 외부 양자효율의 향상과 에칭된 거울면의 신뢰도 문제 및 lateral 모우드 제어의 어려움이 있다. 그래서, 고출력을 얻기 위해서 가장 널리 이용되는 것은 어레이를 이용하는 것이다.

본 논문에서는 LD array 연구 초기단계로서, MOCVD로 GRIN-SCH(graded-index separate confinement heterostructure) 레이저 다이오드를 설계 제작하여, 단위 소자와 1×5 선형 어레이의 특성을 살펴보고 있다.

II. 본론

1. LD의 구조

고출력을 얻기 위해서는 낮은 동작 전류와 높은 양

자효율이 필수적이다. 보다 효과적으로 고출력을 얻기 위해서, 활성층으로 양자우물 구조를 이용한 SCH 구조와 GRIN-SCH 구조가 널리 이용되고 있다. 이런 구조는 DH(double heterostructure)레이저에 비해서 양자우물 활성층에서의 이득이 보다 높고, SCH 영역으로 인해서 보다 효과적으로 광구속이 가능하기 때문에, 문턱 전류밀도를 낮출 수 있다. 또한 SCH 도파관 구조로 인해서, 캐리어 구속도가 향상되고, 내부 손실이 줄어들기 때문에, 높은 외부 양자효율을 기대할 수 있다^[11].

본 실험의 LD는 횡방향으로 100 μ m-stripe broad-area 형태이며, 활성층으로 single quantum well GRIN-SCH 구조를 택하였다. 기존의 SCH 구조에 비해 GRIN-SCH 구조는 far-field 분포의 조정, 고차 모드 발생의 억제, 낮은 문턱전류밀도와 높은 특성온도 등의 장점을 가지고 있다^[12-13]. broad-area 형태의 LD 어레이의 일례로, 100 μ m stripe 폭과 150 μ m 중심간(center-to-center) 거리를 가진 LD 어레이가 보고되었다^[14]. 우리의 경우 열 발산 문제를 완화하기 위하여, 중심간 거리를 더 크게하여 450 μ m로 설계하였다. 또한, YAG 흡수 밴드에 맞도록, LD의 발진 파장을 809nm로 조정하였는데, 이는 Al 구성비를 0.07, 활성층을 150Å으로 설계하여 구현하였다.

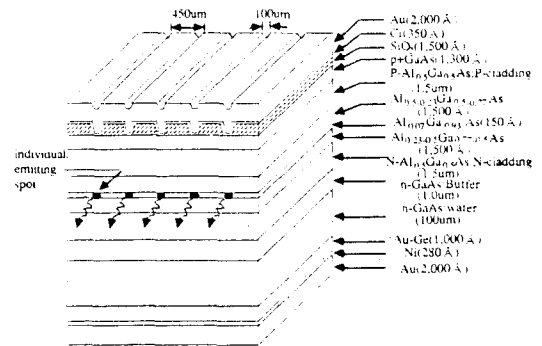


그림 1. LD 어레이의 구조

Fig. 1. The structure of LD array.

2. LD의 제작

LD의 에피층 성장은 일본 산소사의 수직형 저압 MOCVD를 이용하여 기존의 성장방식에 따라서 수행하였다^[15-16]. 그림 1은 본 실험에서 성장시킨 GRIN-SCH LD 어레이 구조를 보여주고 있다. 활성층 영역은 두께가 150Å 인 $Al_{0.07}Ga_{0.93}As/Al_{0.2}Ga_{0.8}As$ 단일 양자 우물구조로 하였다. As, Ga, Al의 원

료 가스는 AsH₃(arsine), TMG (tri-methyl gallium), TMA(tri-methyl aluminium)를 각각 사용하였다.

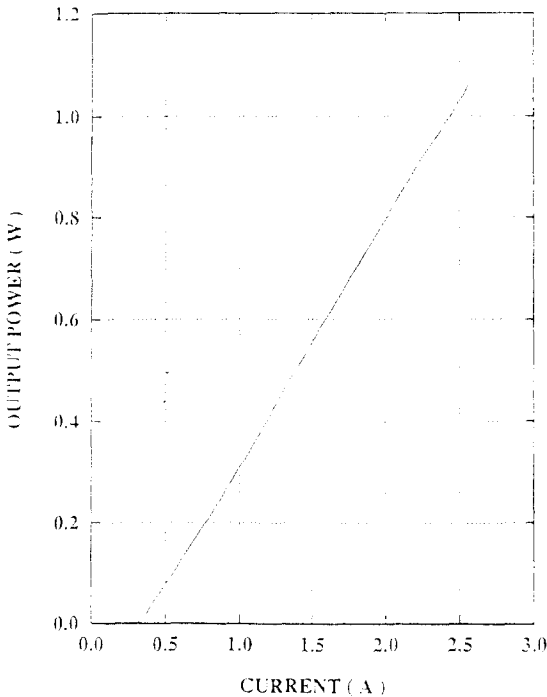


그림 2. 공진기 길이가 595mm인 Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD의 L-I특성

Fig. 2. L-I characteristic of an Al_{0.07}Ga_{0.93}AsLD with a 595mm cavity length.

n-dopant와 p-dopant 로는 각각 SiH₄(silane), DEZn(di-ethyl zinc)를 사용하였다. 전 과정은 600 A/min비율로 성장하였으며, 모든 접합면에서 30초간의 interrupt를 두었다. 성장온도는 cap층을 제외하고는 750°C로 하였으며, V/III비는 80으로 하였다. GRIN영역과 활성층은 효과 적으로 optical field를 구속하기 위해서 도핑을 하지않았다. cladding층은 N층이 ~5 × 10¹⁶ 이고 P층이 ~1 × 10¹⁸으로 도핑되었다. N-cladding의 도핑 농도는 다소 낮은데, 본 MOCVD 성장 조건으로는 N도핑농도를 더 이상 증가시킬 수 없었다. Al의 함량이 30%이상이 되면 N-type에서 DX center가 큰 영향을 주기 때문에 도핑 효율이 낮아지는 것으로 알려져있다^[17]. 에피 성장을 용이하게 하기 위하여 n-type GaAs wafer위에 ~1 × 10¹⁸의 n-GaAs buffer층을 성장 시켰다. GaAs cap 층은 p= ~1 × 10¹⁹정도 도핑을 하여 오옴 접촉을 좋게 하였다.

에피를 성장한 후, 절연막 (SiO₂)을 1,500Å정도 증착하였다. 5개의 multistriple channel 을 형성하기 위해서, stripe 폭을 100 μ_m로 고정시키고 중심간의 간격이 450 μ_m가 되게 lithography를 하였으며, 웨이퍼의 두께가 100 μ_m정도되게 lapping 한 후, polishing, Ohmic contact, cleaving 순으로 제작 하였다.

3. L-I 특성

L-I특성은 레이저에서 나오는 광출력을 전류의 함수로 나타낸 것이다. 측정은 기존의 방법을 따랐으며^[16], 기본적으로 전류 구동회로로 구동된 LD에서 나오는 빛이 ND 필터를 통과하여 PD에 입사하게 하였다. 여기서 구동 전류는 PC에 의해서 조정되며, 광출력은 ND필터의 감쇠도와 PD의 반응도를 보정하여 구하게 된다.

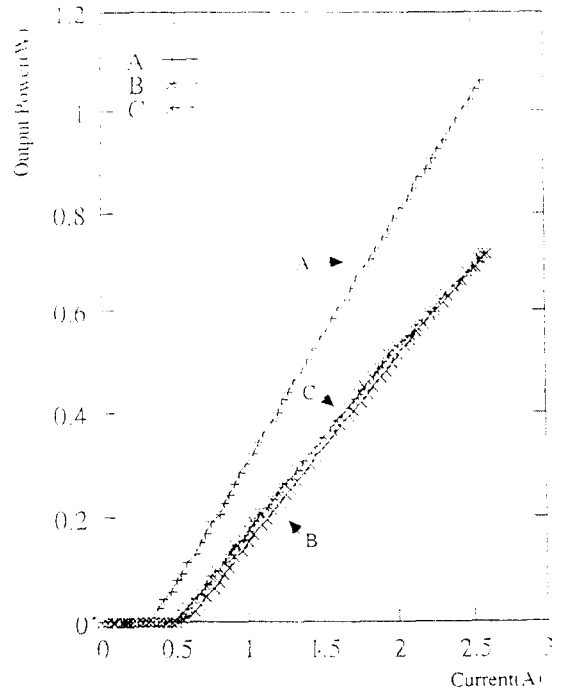


그림 3. Al_{0.07}Ga_{0.93}AsLD의 L-I특성들. A.1,500 Å grading영역 B.2,200Å영역 C. 2,000Å영역

Fig. 3. L-I characteristics of an Al_{0.07}Ga_{0.93}AsLD with A.1,500Å grading region, B.2,200Å grading region, and C.1,500Å grading region.

그림2는 공진기 길이가 595μm인 Al_{0.07}Ga_{0.93}AsLD 의 L-I특성을 나타낸 그래프이다. 구동 전류는 펄스폭

1 μ s. 주기 1kHz로 동작 시켰다. 문턱전류밀도가 934A/cm² 이고, 외부 양자효율 (η_{ex})이 최대 80%이며, 2.45A에서 광출력이 1.22W임을 보여주고있다. 이것은 코팅되지않은 LD의 측정치이다.

그림3은 Grading 영역에 따른 Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD의 L-I특성의 변화를 보여주고 있다. 그래프는 공진기 길이가 600 μ m 근방일 경우에 실험한 결과이다. A는 grading 영역이 1,500Å일때의 L-I특성을 나타낸 것이고, B와C는 grading 영역이 각각 2,200Å, 2,000 Å 일때의 L-I특성을 나타낸 것으로 A에 비해서 광출력과 η_{ex} 가 떨어짐을 알수있다. 이는 carrier 구속과 field 구속이 효과적이지 못해서 내부양자효율 (η_{in})의 저하에서 비롯된 결과로 생각된다. 그러나, 최적의 grading영역 두께를 얻으려면, 더욱 많은 실험 결과가 필요할 것이다.

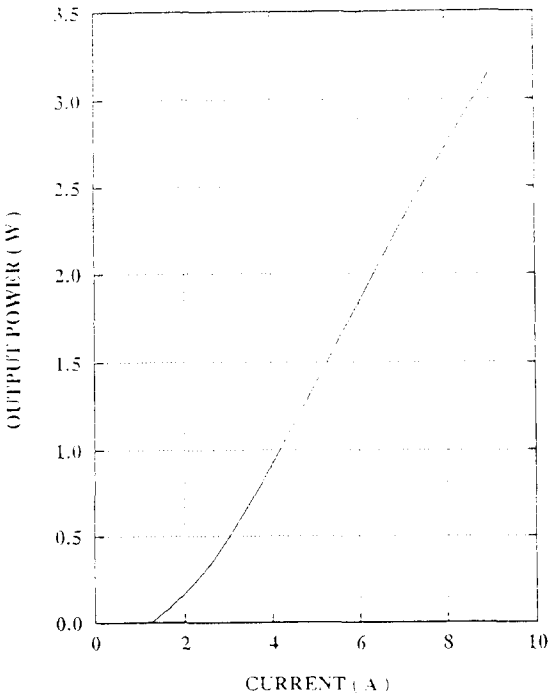


그림 4. 공진기 길이가 460mm인 Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD 어레이의 L-I특성
Fig. 4. L-I characteristic of an Al_{0.07}Ga_{0.93}AsLD array with a 460mm cavity length.

그림4는 공진기 길이가 460 μ m인 5개의 Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD array의 L-I특성을 보여주고 있다. LD 어레이의 center-to-center 간격은 450 μ m 이고, stripe

폭은 100 μ m이다. 이때 문턱전류밀도는 806A/cm² 이고, η_{ex} 는 55.7%이다. 펄스폭 1 μ s로 9A까지 구동시킬때 3.1W의 광출력을 얻었다. LD어레이 에피의 균일성, 각 소자들의 주입 전류의 균등 등이 LDA의 성능에 영향을 주는 것으로 사료된다.

4. 외부양자효율과 공진기 길이와의 관계

그림5는 η_{ex} 와 공진기 길이와의 관계를 보여주고있다. Al_{0.07}Ga_{0.93}As GRIN-SCH LD에서, 내부 양자효율 (η_{in})은 75.8%이고, 내부 손실 (α_i)은 4.83 cm⁻¹임을 그림에서 얻을 수 있었다.

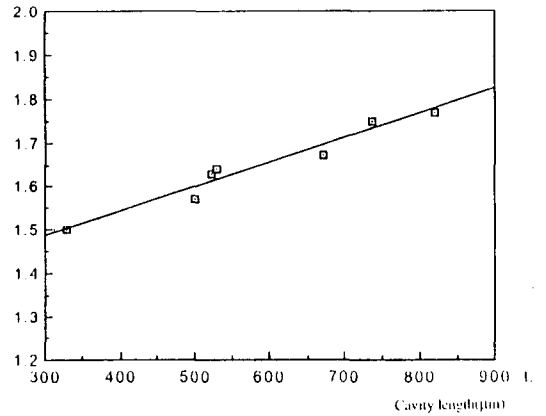


그림 5. 외부양자효율과 공진기 길이와의 관계
Fig. 5. The relationship between the external quantum efficiency and the cavity length.

5. 문턱 전류밀도와 공진기 길이와의 관계

그림6은 문턱 전류밀도와 공진기 길이와의 관계를 보여주고 있다. 공진기 길이가 짧을때, 문턱 전류밀도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 기존의 반도체 다이오드 레이저는 전류 밀도에 따라서 이득이 선형적으로 증가하기때문에 문턱 전류는^[18],

$$I_{th} \propto (\beta J_0 \Gamma + \alpha_i)L - \ln R \tag{1}$$

으로 된다. 여기서 β , J_0 , Γ , α_i , L , R 은 각각 이득 계수, 투과전류밀도, 구속도, 내부 손실, 공진기 길이, facet 반사율을 나타낸다. (1)식에 의하면, 공진기 길이가 줄어들에 따라서 문턱 전류는 감소해야 한다. 하지만 측정 결과는 이와 반대현상을 나타낸다. 이런 현상은 활성층의 두께가 얇은 양자우물 구조에서 공통적으로 나타난다. 발진 조건은^[18],

$$\Gamma g_{th} = \left(\frac{1}{L}\right) \ln\left(\frac{1}{R}\right) + \alpha_i \quad (2)$$

으로 된다. 여기서 g_{th} 는 문턱 이득이다.

본 실험에서 사용한 활성층의 두께가 150Å임을 감안하면, Γ 가 0.04정도 되며, L을 300 μ m, R을 ~0.3으로 하고, α 를 무시하더라도, (2)식에 대입해보면, 문턱 이득이

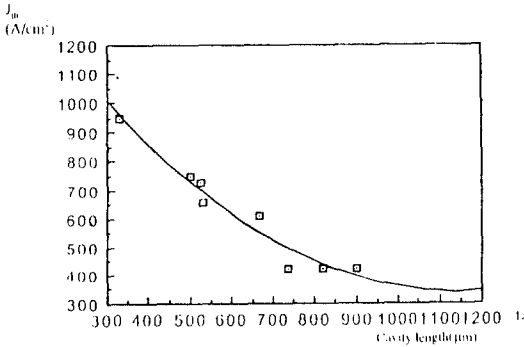


그림 6. 문턱전류밀도와 공진기 길이와의 관계
Fig. 6. The relationship between the threshold current density and the cavity length.

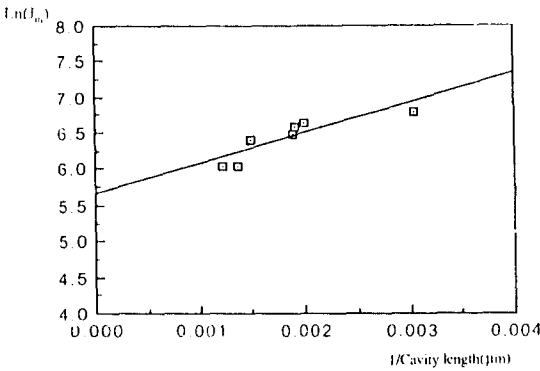


그림 7. Ln(J_{th})와 공진기 길이와의 관계
Fig. 7. The relationship between the Ln(J_{th}) and the cavity length.

~1,000cm⁻¹로 된다. 공진기 길이가 더욱 짧아짐에 따라서, 발진 조건에 도달하기 위해 필요한 문턱 이득은 더욱 증가하게 되기 때문에 문턱 전류 역시 증가하게 된다. 일반적으로, 이런 현상은 문턱 이득이 ~700 cm⁻¹ 이상일때 발생한다. 그림6을 보면, 최소 문턱전류밀도는 공진기 길이가 700 μ m 이상일때, 문턱 전류 밀도가 ~425A/cm⁻¹임을 알 수 있다. 투과전류밀도와

문턱전류밀도의 관계는^[19],

$$\ln(J_{th}) = \ln\left(\frac{J_0}{\eta_1}\right) + \frac{\alpha_i + \frac{1}{L} \ln\left(\frac{1}{R}\right)}{\Gamma \beta J_0} \quad (3)$$

식으로 주어진다. 그림 7로부터, ln(J_{th})의 절편 값이 5.6577 이고, 기울기가 419.04 임을 알 수 있다. 이 결과를 (3)식에 대입하면, 투과 전류 밀도가 181.9A/cm²임을 알 수 있다.

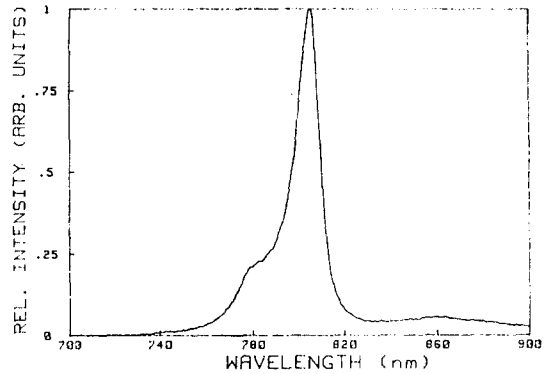


그림 8. Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD의 PL스펙트럼
Fig. 8. PL spectrum of an Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD.

6. 스펙트럼 측정

PL 피크값과 전류주입시의 실제 레이저의 발진 파장 사이에는 차이가 생긴다. 그림8은 에피성장시킨 LD의 PL측정치를 나타낸 것으로, 피크 파장이 805nm정도 이고, 반치폭이 12.7nm임을 보여주고있다.

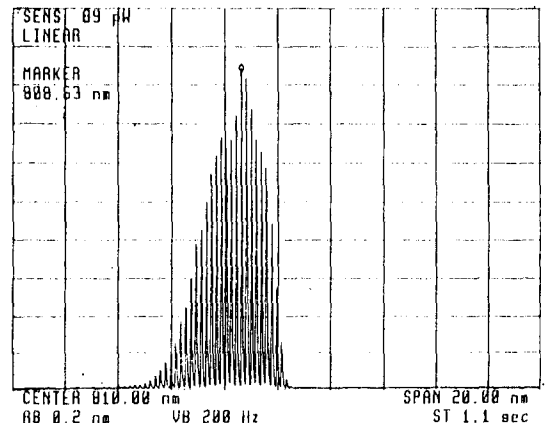


그림 9. Al_{0.07}Ga_{0.93}As LD의 발진스펙트럼
Fig. 9. The emission spectrum of an Al_{0.07}Ga_{0.93} LD.

그림9는 $100\mu\text{m}$ 의 채널 폭을 가진 5개의 LDarray를 펄스 폭 $50\mu\text{s}$, 주기 100Hz 로 펄스 구동하여, 다이오드 레이저의 광 출력이 2W 일때, 5°C 에서 측정된 발진 스펙트럼을 나타낸 것으로, 최대 파장이 대략 809nm 에서 발진하고 있음을 보여주고 있다. 이처럼 발진 스펙트럼이 PL스펙트럼보다 4nm 정도 red shift하는 이유는, 많은 전류주입에 따른 energyband gap narrowing 효과와 격자 온도 상승에 기인하는 것으로 생각된다.(PL측정시 5mW 급 632.8nm He-Ne 레이저를 이용했음) 한편, 이때의 발진파장에 대한 온도계수는 대략 $0.2\text{nm}/^\circ\text{C}$ 이었다.

III. 결 론

수직형 저압 MOCVD로 에피 성장시킨, stripe 폭이 $100\mu\text{m}$ 인 gain-guided broad-area $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{As}$ GRIN-SCH LD와 center-to-center 간격이 $450\mu\text{m}$ 인 5개의 LD어레이를 설계 제작하였다. 고출력을 얻기 위해서 어레이 구조를 채택하였으며, 효율적인 캐리어 주입과 광구속을 위해서 GRIN-SCH구조를 채택하였다. 제작된 LD는 I-V측정, 펄스 모드 L-I측정, 발진 스펙트럼 및 빛의 퍼짐도 측정을 통하여, 제작된 소자의 특성을 확인하였다.

코팅되지않은 상태에서, 공진기 길이가 $595\mu\text{m}$ 인 단 위 소자 LD를 펄스 2.45A 로 구동하여 1.22W 의 광출력을 얻었다. 이때의 외부 양자효율은 80% 이었으며, 문턱 전류 밀도는 $934\text{A}/\text{cm}^2$ 이었다. 최저 문턱 전류밀도는 $\sim 425\text{A}/\text{cm}^2$ 이었다.

한편, $460\mu\text{m}$ 공진기 길이를 가진 5개의 선형 LD 어레이를 펄스 9A 전류로 구동시켰을때, 3.1W 의 광출력을 얻었다. 이때의 발진 파장의 온도계수는 대략 $0.2\text{nm}/^\circ\text{C}$ 이었다.

현재 LD어레이의 출력향상을 위하여, 1×10 어레이 및 전류 주입의 균일성 향상을 위한 제작 조건과 더불어 보다 많은 LD소자를 가지는 어레이 연구를 추진하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] R.J. Keyes and T.m. Quist, "Injection luminescent pumping of $\text{CaF}_2 : \text{U}^{3+}$ with GaAs diode lasers", Appl. phys. Lett., vol.4, pp.50-52, Feb., 1964.
- [2] M.Ross, "YAG laser operation by semiconductor laser pumping", Proc.IEEE, vol.56, pp.196-197, Feb., 1968.
- [3] C.A. Wang and S.H. Groves, "New materials for diode laser pumping of solid-state lasers", IEEE J.Quantum Electron., vol.28, pp.942-951, Apr., 1992.
- [4] R.Allen, L.Esterowitz, L.Goldberg, J.R. Weller, and M.Storm, "Diode pumped $2\mu\text{m}$ holmium laser", Electron.Lett., vol. 22, pp.947-950, Aug., 1986.
- [5] G.J.Kintz, R.Allen, and L.Esterowitz, "CW and pulsed $2.8\mu\text{m}$ laser emission from diode-pumped $\text{Er}^{3+}:\text{LiYF}_4$ at room temperature", Appl. Phys. Lett., vol.50, pp.1553-1555, Jun., 1987.
- [6] R.A. Fields, M.Birnbaum, and C.L. Fincher, "Highly efficient Nd:YVO4 diode laser end pumped laser", Appl. Phys.Lett., vol.51, pp.134-135, Dec., 1987.
- [7] D.L.Sipes, "Highly efficient Nd:YAG laser end pumped by a semiconductor laser array", Appl.Phys.Lett.P, vol.47, pp.74-76, Jul.,1985.
- [8] J.Berger, D.F.Wlech, D.R.Scifres, W. Strifer, and P.S.Cross, "370mW, 1.06 CW TEM00 output from a Nd:YAG laser rod end pumped by a monolithic diode array", Electron.Lett., vol.23, pp. 669-670, Jun., 1987.
- [9] M.K.Feed, W.J.Kozlovsky, R.L.Byer, G.L.Harnagel, and P.S.Cross, "Diode laser array pumped Nd:glass miniature slab oscillator", Opt.Lett., vol.13, pp. 204 -206, Mar., 1988.
- [10] Luis Figueroa, Handbook of Solid-State Laser, Dekker, New York, pp.164~178, 1989.
- [11] Yutaka Nagai, Kimio Shoichi Karakida,

- Yoshihiro Kokubo, and Akiharu Tada ,
 "High Power Operation of AlGaAs SQW-SCH Broad-Area Laser Diodes for Nd:YAG Solid-State Laser Pumping", IEEE Photon.Technol.Lett. ,vol.3. pp.97-99, Feb.,1991.
- [12] W.T.Tsang, "A graded-index waveguide separate-confinement laser with very low threshold and a narrow Gaussian beam", Appl.Phys.Lett., vol.39, pp.134-137, Jul., 1981.
- [13] S.D.Hersee, B.de Cremoux, and Duchemin,"Some characteristics of the GaAs/AlGaAs graded-index separate-confinement heterostructure quantum well laser structure", Appl.Phys.Lett., vol.44, pp.476-478, Feb., 1984.
- [14] D.P.Bour, P.Stabile, A.Rosen, W.Janton, L.Eibaum,and D.J.Holmes, "Two-dimensional array of high-power strained quantum well lasers with $l=0.95\text{mm}$ ", Appl.Phys.Lett.,vol.54,pp.2637-2638,Jun.,1989.
- [15] 손 진승, 계 용찬, 권 오대 "고출력 AlGaAs SCH-SQW 레이저 다이오드 개발", 전자공 학회 논문지, 제30권 A편, 제10호,pp.27-32, 10월, 1993
- [16] 계 용찬, 손 낙진, 권 오대,"고출력 GaAs /InGaAs 레이저 다이오드 제작에 관한 연구", 전자공학회 논문지,제31권 A편, 제10호, pp.79-86, 10월, 1994
- [17] H.M.Shieh,T.S.Wu and W.C.Hsu, "SiH₄-doped AlGaAs epilayers formed by MOCVD",J.CrystalGrowth.vol.121,pp.665-670,1992.
- [18] P.S.Zory, A.R.Reisinger, "Anomalous length dependence of threshold for thin quantum well AlGaAs diode lasers", Electro.Lett., vol.22, pp.475-477, Apr., 1986.
- [19] James J.Coleman, Kevin J. Beernink, and Michal E. Gifen, "Threshold current density in strained layer In_xGa_{1-x}As-GaAs quantum-wel heterostructure lasers", IEEE J. Quantum Electron., vol.28, pp.1983-1989, 1992.

— 저 자 소 개 —



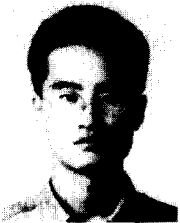
孫 洛 辰(學生會員)

1993년2월 부산대학교, 전자공학과(공학사). 1995년2월 포항공과대학교, 전자전기공학과(공학석사). 1995년3월~현재 포항공과대학교, 전자전기공학과 박사과정 재학중 주 관심 분야는 고출력 레이저 다이오드 어레이 제작 및 특성 분석



朴 晟 秀(學生會員)

1990년2월 서울대학교, 전자공학과(공학사). 1992년2월 포항공과대학교, 전자전기공학과(공학석사). 1992년3월~현재 포항공과대학교, 전자전기공학과 박사과정 재학중 주 관심 분야는 반도체에서의 캐리어의 전송 및 광전이 현상



安 正 諱(學生會員)

1993년2월 포항공과대학교, 전자공학과(공학사). 1995년2월 포항공과대학교, 전자전기공학과(공학석사). 1995년3월~현재 포항공과대학교, 전자전기공학과 박사과정 재학중 주 관심 분야

는 표면 방출형 레이저 다이오드 제작 및 특성 분석

權 五 大(正會員)

1969년 서울대 전기공학과 졸업. 1975년 Rice Univ. 전자공학 석사. 1978년 Rice Univ. 전자공학 박사. 1978년 ~ 1979년 Cornell Univ. 레이저 분광 연구실 Postdoc Fellow. 1980년 ~ 1982년 Cornell Univ. 통계물리/응용물리 연구부 선임 연구원. 1982년 ~ 1986년 Dow Corp. 중앙연구소 자성체/광전자 연구부 책임 연구원. 1993년 ~ 1994년 AT&T벨 연구소 객원 연구원. 1986년 ~ 현재 포항공과대학교 전자전기공학과 교수. 주 관심분야는 양자 및 광전자공학, 광교환 및 광컴퓨팅 등임.

鄭 智 采(正會員) 현재 고려 대학교 전파공학과 교수

桂 溶 燦(正會員) 第31卷 A編 第10號 參照

崔 榮 洙(正會員) 현재 국방과학연구소 연구원

金 在 基(正會員) 현재 국방과학연구소 연구원

康 應 哲(正會員) 현재 국방과학연구소 연구원