

## Single Longitudinal Mode Operation in Nd:YVO<sub>4</sub> Microchip Laser

池 明 勳\* · 金 教 濬\*\* · 李 盈 佑\*\*\*

(Myung-Hoon Ji · Gyo-Jun Kim · Young-Woo Lee)

**Abstract** - We developed LD pumped Nd:YVO<sub>4</sub> microchip laser with the cavity length of 1mm. The microchip laser output was 85.5mW at the wavelength of 1063.9nm with the input power of 241mW at the wavelength of 809nm. The slope efficiency was 40.7% and the threshold input power was 31.1mW. We have also defined input power limit for the single longitudinal mode operation theoretically. It was 2.5 times larger than that of threshold input intensity. According to the results of simulation, the Nd:YVO<sub>4</sub> microchip laser can be operated with the maximum output of 15mW for the single longitudinal mode up to the input power of 77.75mW.

**Key Words** : single, longitudinal, Nd:YVO<sub>4</sub>, microchip, laser

### 1. 서 론

반도체 레이저 여기 고체 레이저는 소형화 및 장수명화가 가능한 레이저로서 광범위한 분야에의 응용이 가능하므로 최근 활발한 연구가 진행되고 있다. 반도체 레이저의 발진 스펙트럼 790~810nm대는 Nd계열 고체 레이저 매질의 흡수대와 일치하기 때문에 Nd계 레이저의 효과적인 여기원으로 사용이 가능하다. 공진기 길이가 1mm 이하인 반도체레이저 여기 Nd계열 마이크로칩 레이저[1,2]는 소형이고 쉽게 단일 종모드를 얻을 수 있기 때문에 최근에 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 단일 종모드(single longitudinal mode)로 발진하는 레이저는 광계측, 광저장, coherent 광통신, 높은 해상도의 관측이 필요한 곳에 매우 유용하게 사용된다[3]. 마이크로칩 레이저의 개발 초기에는 마이크로칩 레이저 매질로써 Nd:YAG가 주로 사용되었으나 본 논문에서는 최근 Nd:YAG보다 고효율 특성을 갖는 Nd:YVO<sub>4</sub> 매질을 사용한 마이크로칩 레이저를 개발하였다. 또한 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저의 단일 종모드 동작을 위한 레이저 입력광 세기의 한계를 이론해석을 통하여 구하였고, 레이저 입력광 세기에 따른 종모드 동작 특성을 규명하였다

### 2. 반도체 레이저 여기 마이크로칩 레이저

#### 2.1 마이크로칩 레이저

마이크로칩 레이저는 레이저 매질의 광축방향 결정 길이가

1mm이하인 레이저로서 결정의 양 단면을 반사경으로 코팅하여 공진기로 사용한다. 특히, 마이크로칩 레이저는 짧은 공진기에 의한 단일 종모드 발진에 유리하다. 레이저 공진기에서 공진기 길이를  $L$ 이라고 하면 공진기의 종모드 간격( $\Delta\nu$ )은,

$$\Delta\nu = c/2nL \quad (1)$$

로 주어진다. 여기에서  $c$ 는 진공중의 광속도,  $n$ 은 매질의 굴절율이다. 본 실험에 사용한 Nd:YVO<sub>4</sub> 매질의 공진기 길이는 1mm, 굴절율은 1.9이다. 이 값을 (1)식에 대입하면,  $\Delta\nu = 78.9\text{GHz}$  ( $\Delta\lambda = 0.297\text{nm}$ )가 된다. Nd:YVO<sub>4</sub>[4]매질의 형광스펙트럼 선폭이 총 257GHz ( $\Delta\lambda = 0.97\text{nm}$ )이므로 이 안에 공진기의 종모드가 최대 3개 정도밖에 존재할 수 없다. 그림 1은 본 연구에 사용된 공진기 길이 1mm의 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저 장치의 매질 구조와 이에 상응하는 형광 스펙트럼 및 이득 스펙트럼내의 발진선을 보인다. 레이저의 공진기 길이를 1mm이하로 하는 극소 마이크로칩 레이저는 coherent 광을 사용하는 장치들을 더욱 소형화함으로써 한층 더 실용성이 높은 응용 분야를 갖게 되었다[5].

#### 2.2 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저 매질의 특성

레이저 다이오드를 여기원으로 하는 새로운 마이크로칩 레이저 매질인 Nd:YVO<sub>4</sub>의 분광학적 특성을 일반적으로 많이 사용되는 Nd:YAG와 비교하여 표1에서 보였다. 여기 파장인 809nm에 대한 흡수 계수가 Nd:YVO<sub>4</sub>가 31.1cm<sup>-1</sup>로 일반적으로 사용하는 Nd:YAG의 4.8cm<sup>-1</sup>[6]에 비해 6배나 크므로 짧은 공진기에서도 충분히 여기광을 흡수하여 고효율 고풍출력 특성이 예상된다. 이미 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저는 50%의 경사 효율에서 광-광 변환 효율 44%의 실험 결과 보고가 있다[7]. Nd:YAG보다 고효율 레이저임이 증명됐고, 공진기 길이 1mm

\* 學生會員 : 牧園大學校 電子工學科 碩士課程  
 \*\* 準 會 員 : (주)넷와이드 研究팀장  
 \*\*\* 正 會 員 : 牧園大學校 電子工學科 副教授 · 工博  
 接受日字 : 2001年 12月 17日  
 最終完了 : 2002年 4月 11日

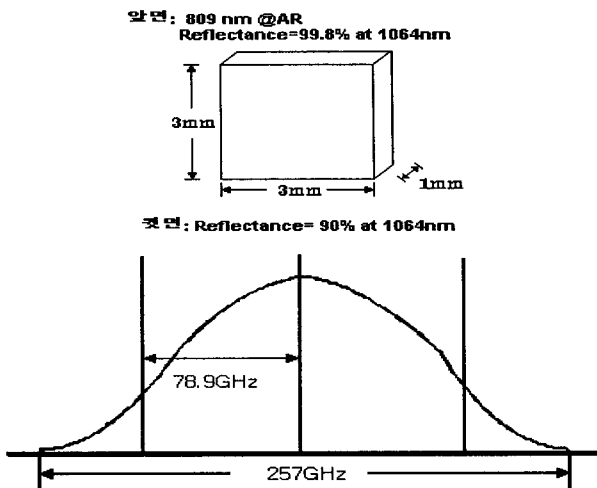


그림 1 마이크로칩 레이저 매질 구조와 Nd:YVO<sub>4</sub>의 형광 스펙트럼

Fig. 1 The structure of microchip laser material and the fluorescence spectrum of Nd:YVO<sub>4</sub>

의 Nd:YVO<sub>4</sub> 결정을 포함, 총 13mm의 장치로부터 입력 세기 730mW에서 최대 278mW의 출력과 경사효율 47.8%를 기록한 실험 보고도 있다[8]. Nd:YAG의 발진 문턱 값은 반도체 레이저의 집광 면적에도 의존하지만 여기광의 입력 power가 100mW에서 300mW 정도인데 반하여 Nd:YVO<sub>4</sub>의 경우는 Nd:YAG와 같은 집광 직경(300~400 $\mu$ m)의 조건에서 발진 문턱값이 수십mW로 매우 낮다. 이와 같이 발진 문턱값이 낮은 주된 이유는 Nd:YVO<sub>4</sub>의 유도방출 단면적이  $2.5 \times 10^{-18} \text{cm}^2$ 으로 Nd:YAG의  $6.5 \times 10^{-19} \text{cm}^2$ 에 비해 약 4배 정도 크기 때문이다. 즉 Nd:YVO<sub>4</sub> 결정은 같은 입력광의 세기에 대해 Nd:YAG에 비해 4배 높은 소신호 이득 값을 갖는다[9].

표 1 Nd:YVO<sub>4</sub> 결정과 Nd:YAG 결정의 특성비교

Table 1 Comparison of material characteristics of Nd:YVO<sub>4</sub> and Nd:YAG

	Nd:YVO <sub>4</sub> (a cut)	Nd:YAG
Nd doping(at.%)	1.1	0.85
유도방출단면적( $\text{cm}^2$ )	$2.5 \times 10^{-18}$	$6.5 \times 10^{-19}$
흡수계수( $\text{cm}^{-1}$ )	31.1	4.8
흡수선폭(nm)	2~3	1~2
발진문턱세기(mW)	78	115

## 2. 실험 및 결과

반도체 레이저 여기 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저의 실험 장치도와 장치 사진을 그림 2와 그림 3에 보인다. 광 펌핑용으로 출력 500mW(SDL-2352-H1)의 반도체 레이저를 사용하였고, 10A의 레이저 다이오드 드라이버(SDL-820)를 사용하여

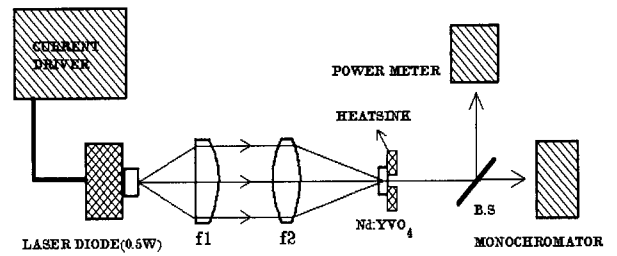


그림 2 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저 실험장치도  
Fig. 2 Experimental setup of Nd:YVO<sub>4</sub> microchip laser

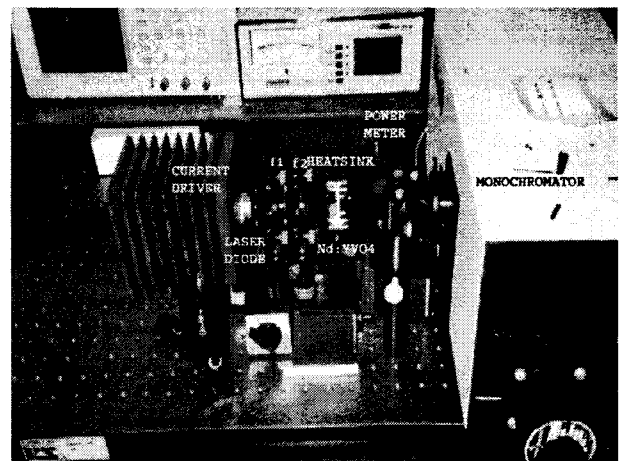


그림 3 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저 사진  
Fig. 3 Photograph of Nd:YVO<sub>4</sub> microchip laser

전류 구동을 하였다. 반도체 레이저의 동작 온도는 20°C이고 0.8A의 구동 전류에서 최대 출력 500mW이고 수직축 3 $^{\circ}$ , 수평축 12 $^{\circ}$ 의 발산각을 갖는다. 그림 2에서 f1, f2 렌즈는 각각 펌핑광 레이저빔의 공간적인 손실을 최소화하며, f1은 큰 발산각의 반도체 레이저를 평행광으로 만들기 위해 초점거리가 짧은 Aspheric 렌즈(C260TM-B, f=15mm)를 사용하였고, f2 렌즈는 40mm의 초점거리를 가지며 반도체 레이저빔의 집속을 위해 사용했다. 본 실험에서 사용된 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저 매질은 3mm $\times$ 3mm $\times$ 1mm의 크기를 가지며 a-cut, Nd의 도핑농도는 1.1 at %, 흡수계수는  $\pi$  편광에 대하여  $31.1 \text{cm}^{-1}$ ,  $\sigma$  편광에 대하여  $9.5 \text{cm}^{-1}$ 이다. 공진기 결정의 두께가 1mm인 방향을 공진기의 축으로 정하고 3mm $\times$ 3mm의 면의 양면에 코팅을 행하여 사용하였다. 반도체 레이저가 입사되는 면은 809nm의 입사파장에 대하여 무반사(AR; Anti-Reflection)코팅되어 있으며 고체 레이저 매질의 발진파장 1064nm에 대하여 99.8%의 고반사율을 갖도록 유전체 다층막 반사코팅을 행하였고 출력면은 발진파장 1064nm에 대해 반사율 90%를 갖도록 코팅을 하였다. Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩을 열 손상으로부터 보호하기 위해 방열용 Aluminum 지지대를 40mm $\times$ 40mm $\times$ 2mm의 크기로 제작하여 사용하였다. 방열판 자체는 특별히 외부적인 냉각장치를 꾸미지 않았고 단순히 자연 공랭식으로 사용하였다. 1:9비율을 가지는 B.S.(Beam Splitter)를 사용하여 출력광의 10%는 Jarrel Ash사의 모노크로메타기(초점거리 = 275nm, resolution = 0.3nm)로 스펙트럼을 관찰

하고 90%는 Molectron사의 파워미터(MAX 5200)로 레이저 출력을 측정하였다. 반도체 레이저로 여기한 Nd:YVO4 마이크로칩 레이저의 출력 특성을 그림 4에 보인다. 본 실험에서 500mW의 반도체 레이저를 사용했지만 최대 241mW의 입력광밖에 사용 못하였는데 반도체 레이저의 출력이 2개의 모드로 갈라져서 나와 한 쪽 모드를 제거했기 때문이다. 입력광의 세기 241mW에 대해 85.5mW의 최대 레이저출력 특성을 나타냈고 이때의 발진 문턱 여기광의 세기는 31.1mW이었다. 이는 경사 효율 약 40.7%로서 비교적 높은 효율의 특성을 보였다. 이는 Taira[8]가 얻은 경사효율 47.8%보다 낮지만, 본 실험장치에서도 여기광의 공간적 균질성을 높이고 마이크로칩 재질 안에서의 beam waist 최적화를 수행함으로써 경사효율의 향

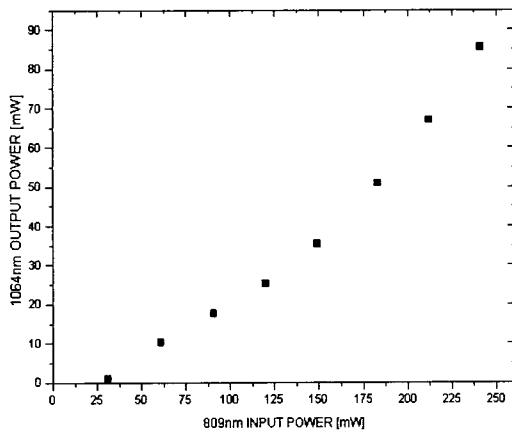


그림 4 Nd:YVO4 마이크로칩 레이저 출력 특성  
Fig. 4 Output characteristics of Nd:YVO4 microchip laser

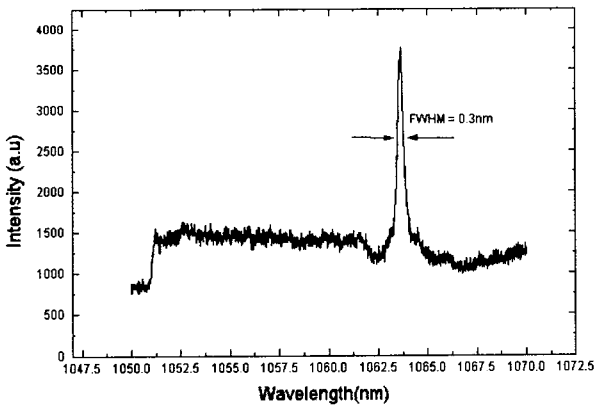


그림 5 Nd:YVO4 마이크로칩 레이저 스펙트럼  
(0.3nm:  $\Delta\nu = 79.48\text{GHz}$ )  
Fig. 5 Output spectrum of Nd:YVO4 microchip laser  
(0.3nm:  $\Delta\nu = 79.48\text{GHz}$ )

상을 기대할 수 있다. 그림 5는 입력광의 세기가 150mW일 때 측정된 마이크로칩 레이저의 출력 스펙트럼을 보여 주고 있다. 입력광의 세기를 50mW에서 200mW 변화시켜도 출력 스펙트럼 특성의 차이를 발견할 수 없었다. 레이저 출력 스펙

트럼의 중심파장은 1063.9nm이고 스펙트럼 폭(FWHM)은 0.3 nm( $\Delta\nu = 79.48\text{GHz}$ )이다. 본 실험에서 사용한 1mm두께의 Nd:YVO4 레이저 매질의 주파수 대역폭이 약 257GHz이므로 마이크로칩 레이저의 발진선은 단지 3개밖에 존재하지 않는다. 본 실험중 고해상도의 스펙트럼 측정기가 준비되지 않아서 단일 종모드 발진을 하는 것인지는 그림 5의 스펙트럼 형태로는 구별을 할 수가 없었다. 따라서 단일 종모드 발진을 위해 입력광의 세기를 어느 일정값 이하로 조절해야하므로 단일 종모드 발진을 위한 입력광 문턱값을 구하고자 이론해석을 행하였다.

#### 4. 마이크로칩 단일 종모드 레이저 발진을 위한 이론해석

단일 종모드 동작에 대한 이론 해석은 Nd:YVO4 레이저 매질의 길이를 최적화하고 단일 종모드로 발진을 할 수 있는 최적의 여기광 세기를 결정한다. 단일 종모드 발진을 하면서도 레이저 매질의 길이가 짧아지기 위해서는 여기광의 세기를 조정하여 제 2 종모드 발진문턱 값을 넘지 않도록 하여야 한다. 본 논문에서는 공간적인 hole-burning 이론[10]을 고려한 시뮬레이션 코드를 개발하여 단일 종모드 발진 한계치를 구했다. 우선, 레이저 결정의 양측 단면에 반사 거울이 있다고 가정한다. 한쪽 단면으로부터 여기가 행하여진다면 결정 내의 위치 z에 있어서의 파수벡터  $k_m$ 과 광자밀도  $\psi_m$ 은,

$$\psi_m = S_m \sin^2(k_m z) \tag{2}$$

로 주어지고, 여기에서 S는 광자밀도의 진폭을 나타낸다. 레이저 천이 준위간의 반전 분포를 N이라 하고 광자밀도에 대한 물 방정식을 세우면 다음과 같이 된다.

$$\frac{\partial N}{\partial t} = R - c_m \sum \sigma_m \psi_m N - \frac{N}{\tau} \tag{3}$$

$$\frac{\partial \psi_m}{\partial t} = \psi_m (c \sigma_m N - \frac{1}{t_c}) \tag{4}$$

여기에서  $\tau$ 는 자연방출 수명시간,  $t_c$ 는 공진기 수명, c는 광속,  $\sigma_m$ 은 공진기 종모드 m에 대응하는 유도방출 단면적이다. 일반적으로 고체 레이저에서는 형광 스펙트럼이 로렌츠(Lorentz)함수의 형태이기 때문에 형광 중심에서의 유도방출 단면적을  $\sigma_0$ , 형광 스펙트럼의 대역폭(FWHM)을  $\Delta\lambda$ 라고 하면, 종모드에서의 유도방출 단면적은

$$\sigma_m = \frac{\sigma_0}{1 + [\frac{2(\lambda_m - \lambda_0)}{\Delta\lambda}]^2} \tag{5}$$

와 같이된다. (3)식의 R은 위치 z에서의 여기율(pumped rate)로서 양자 효율을  $\eta_q$ , 주파수를  $\nu_p$ , 여기광의 흡수계수를  $\alpha$ 라고 한다면,

$$R = \frac{\eta_q a I_E \exp(-az)}{h\nu_p} \quad (6)$$

이다. 연속 동작을 가정하고 (3)식을 풀면 단일 종모드 발진에 경우에 반전 분포 밀도는,

$$N_1 = \frac{N_0}{1 + (\sin k_1 z)^2 s I_1(r)} \quad (7)$$

여기서  $N_0 = R\tau$  이고,  $s$ 는 포화광 강도의 역수로서  $s = \sigma_1 \tau / h\nu_1$  이다.  $I_1(r)$  은 제 1 종모드의 광세기 진폭으로서,

$$s I_1(r) = \frac{[(4r-1) - \sqrt{1+8r}]}{8} \quad (8)$$

로 주어진다.  $r$ 은 여기 입력 power의 발진 문턱 power에 대한 비이다. 한편 (4)식으로부터, 다음과 같은 적분식을 성립시킬 수 있다.

$$c\sigma_1 \int_0^L N_1 \psi_1 dz = \frac{1}{t_c} \int_0^L \psi_1 dz \quad (9)$$

(9)식을 (7)식에 대입하면 단일 종모드의 발진 문턱 값이 구해진다.

$$P_{th1} = \frac{h\nu_p V_e \delta_0}{2\eta_a \eta_q L s_1 t} \quad (10)$$

이때  $r$ 은 여기 입력광 세기와 발진 문턱광 세기가 같다고 보고 그 값을 "1"로 가정하여 (8)식을 계산하였다.  $\eta_a$ 는 여기 광에 대한 흡수 효율이고,  $V_e$ 는 레이저광의 실효체적이다. 여기를 강하게 하면 할수록 공진기 공간내의 유도 방출되지 않은 반전 분포 중에 제 2 종모드에 결합되는 반전 분포는 (7)식으로부터

$$N_2 = \frac{N_1}{1 + c\sigma_2 \tau \psi_2} \quad (11)$$

로 나타낼 수 있다. 제 2 종모드 발진 문턱치의 경우에 (11)식은,

$$N_2 = \frac{N_0}{1 + (\sin k_1 z)^2 s I_{th}(r_{th})} \quad (12)$$

위 식과 같이 된다. 여기에서  $r_{th} = r_{th2}/r_{th1}$  으로 정의한다. 위식에서  $r$ 은 여기 입력 power의 발진문턱 power에 대한 비이므로  $r_{th} = r_{th2}/r_{th1}$ 는 제 1 종모드와 제 2 종모드간 발진문턱 power의 비로 된다. (4)식으로부터 제 2 종모드에 대하여 다음과 같은 식이 성립되고,

$$c\sigma_2 \int_0^L N_2 \psi_2 dz = \frac{1}{t_c} \int_0^L \psi_2 dz \quad (13)$$

최종적으로 제 2 종모드 발진 문턱 값은 (14)식과 같이 표현될 수 있다.

$$P_{th2} \int_0^L \frac{\exp(-az) \sin^2(k_2 z)}{1 + \sin^2(k_1 z) s I_{th}(r_{th})} dz = \frac{h\nu_p V_e \delta_0}{2\eta_a \eta_q L s_1 \tau} \quad (14)$$

(10)식과 (14)식으로부터  $r_{th}$ 를 변수로 하는 적분 방정식을 얻을 수 있다.

$$r_{th2} \int_0^L \frac{\exp(-az) \sin^2(k_2 z)}{1 + \sin^2(k_1 z) s I_{th}(r_{th})} dz = \frac{\eta_a \sigma_1}{2\alpha \sigma_2} \quad (15)$$

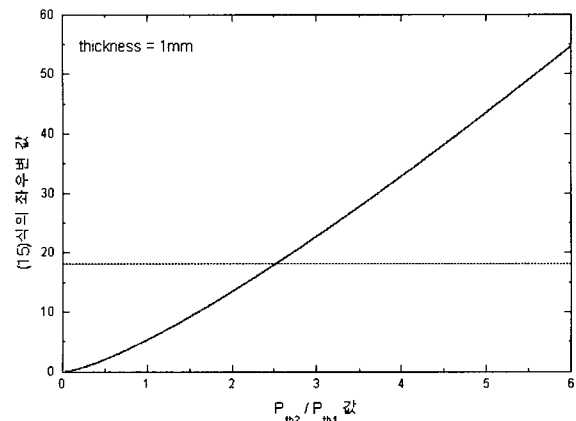


그림 6 단일 종모드 발진을 위한 입력 power 한계  
Fig. 6 Threshold input power limit of the single longitudinal mode operation

그림 6에 레이저의 매질 길이를 1mm로 하였을 경우에 대하여 계산된 단일 종모드 발진 한계 결과를 보인다. 본 이론해석에서 사용된 값은 실험에 사용한 Nd:YVO<sub>4</sub> 재질이 갖고 있는 특성값과 같은  $\alpha = 3.1/\text{mm}$ ,  $k_1 \sim k_2 = 940/\text{mm}$ ,  $\eta_a = 0.8$ ,  $\sigma_1/\sigma_2 = 1.36$ ,  $L = 1\text{mm}$ 를 사용하였다. 가로축은  $P_{th2}/P_{th1}$ 의 값 즉,  $r_{th} = r_{th2}/r_{th1}$ 의 값을 세로축은 (15)식의 양변의 값을 나타내고 있다. 이 양변의 값이 같은 점이 제 2 종모드가 발진하기 시작하는 점으로 제 1 종모드 발진 한계값을 나타낸다. 위의 이론해석으로부터 레이저 매질의 길이가 1mm 정도로 짧더라도 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저는 제 1 종모드 발진 문턱값의 약 2.5배 가까운 입력광 세기까지 단일 종모드 발진을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이것은 입력광의 발진 문턱 광 세기의 2.5배까지 단일 종모드 발진을 한다는 것으로 약 77.75mW의 입력광에서 대략 14~16mW의 출력으로 단일 종모드 발진 한다는 것을 이론해석으로 추정하여 알 수 있었다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 고휒력 반도체 레이저로 여기되는 1mm 공진기 길이의 Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저를 개발하였고, 단일 종모드 발진한계를 추정할 수 있는 이론해석을 행하였다. 1mm 두께의 Nd:YVO<sub>4</sub> 매질로 계산한 결과 모드간의 주파수 간격은 78.9GHz(굴절률=1.9)이다. 이것은 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저 매질의 주파수 대역폭이 257GHz이므로 레이저 발진선이 단지 3개 밖에 존재하지 않는다는 것을 의미하므로, 입력광의 조절만으로도 쉽게 단일 종모드 발진을 얻을 수 있다. Nd:YVO<sub>4</sub> 마이크로칩 레이저는 입력광의 세기가 31.1mW에서부터 발진을 시작했고, 입력광의 세기가 241mW일 때 최대 출력 85.5mW로 발진하였으며, 경사효율은 40.7%를 기록하였다. 레이저 출력 스펙트럼의 중심파장은 1063.9nm이고 스펙트럼 대역폭(FWHM)은 0.3nm이다. 단일 종모드 발진한계는 시뮬레이션에 의해 입력광의 발진문턱 세기의 2.5배까지 단일 종모드 발진한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 개발된 마이크로칩 레이저는 부가적인 광학소자의 추가 없이 단일 종모드 발진이 가능하므로 적당한 비선형 소자를 사용하여 합주파 또는 제 2 고조파를 발생시킨다면 고밀도의 광메모리 등에도 응용 가능성을 보였다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Ross, "YAG Laser Operation by Semiconductor Laser Pumping", Proceeding of IEEE 196, 1968.
- [2] Laser Diode Pumped Solid State Lasers: Course SI25, CLEO'92, Anaheim, CA, USA, 1992.
- [3] J. J. Zayhowski and A. Mooradian, "Single-frequency microchip Nd laser", Optics Letters, Vol.14, No.1, p.24, 1989.
- [4] TSO YEE FAN and ROBERT L. BYER, "Diode Laser-Pumped Solid-State Lasers", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 24, No. 6, p.895, 1988.
- [5] G. Winzer, P.G. Mockel, R. Oberbacher and L. Vite, "Laser Emission from Polished NdY5O14 Crystals with Directly Applied Mirrors", Applied Physics, Vol. 11, p. 121, 1976.
- [6] 김병태, "반도체레이저 여기 고체레이저", 전기학회지, 제49권, 1호, p. 4, 2000.
- [7] R.A. Field, M. Birnbaum and C.L. Fincher, Technical Digest of CLEO'87, FL4, p.344, 1987.
- [8] T. Taira, 일본 전기학회 연구회자료 OQD-91-29, p.73, 1991.
- [9] Y. Kuwano and S. Saito, The Review of Laser Engineering, Vol.18, p. 616, 1990.
- [10] J.J. Zayhowski, "The Effects of Spatial Hole Burning and Energy Diffusion on the Single-Mode Operation of Standing-Wave Lasers", IEEE Journal of Quantum Electronics Vol. 26, No. 12, p.2052, 1990.

## 저 자 소 개



### 지 명 훈 (池 明 勳)

1975년 2월 16일생. 2001년 목원대 전자공학과 졸업. 2001년~현재 동 대학원 전자 및 컴퓨터 공학과 석사과정.

TEL : 042-829-7269

FAX : 042-823-8506

E-mail : m9353041@mokwon.ac.kr



### 김 교 준 (金 敎 濬)

1972년 3월 30일생. 1996년 목원대 전자공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전자 및 컴퓨터 공학과 공학석사. 1998~1999 한국화학연구소, 1999~현재 (주)넷와이드 근무

TEL : 02-3461-2732

FAX : 02-571-3656

E-mail : gjkim@nownuri.net



### 이 영 우 (李 盈 佑)

1959년 4월 29일생. 1983년 경희대 전자공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1990년 일본 Keio Univ. 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1990~1992년 독일 Max-Planck 연구소(괴팅겐소재)연구원. 1992~현재. 목원대 전자공학과 교수. 연구관심분야 : LD 여기 고체 레이저, 극초단 레이저, 의용 레이저, 광섬유증폭기분야

구관심분야 : LD 여기 고체 레이저, 극초단 레이저, 의용 레이저, 광섬유증폭기분야

TEL : 042-829-7654

FAX : 042-823-8506

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr