

DIAL용 Ti:sapphire 레이저의 다중통과 증폭특성*

이용우 · 이주희

경희대학교 전자공학과, 레이저공학연구소

(1996년 8월 7일 받음)

DIAL의 레이저광원으로 사용하는 다중통과 Ti:sapphire의 증폭시스템을 각-다중방식으로 개발하고, 출력에너지와 스펙트럼 특성을 조사하였다. 개발된 2단의 다중통과 증폭기의 특성은 790 nm 파장에서 최대 출력에너지는 22 mJ, 증폭이득은 20 dB, 펄핑에너지에 대한 출력효율은 18%이다. 또한 스펙트럼 선폭은 파장가변 범위 705~845 nm에서 0.15 cm^{-1} (9.4 pm)이다. 최대 출력에너지 때 레이저빔 발산각은 X, Y축에서 각각 1.1, 1.5 mrad이며, 레이저빔의 quality factor M^2 은 2.6이다.

I. 서 론

대기오염물질의 측정에 사용하는 DIAL(Differential Absorption Lidar)형 LIDAR의 레이저 출력은 LIDAR의 송신 단에서 수십 mJ의 펄스에너지와 수백 nm의 파장가변 영역, 0.1 cm^{-1} 이하의 스펙트럼 선폭을 필요로 한다.^[1] 따라서 지금까지 LIDAR에 사용하는 레이저는 비교적 파장가변 특성이 우수한 색소레이저,^[2] 가스 Raman 레이저, 고체레이저의 파장변환^[3] 등을 사용하였다. 그러나 최근 파장특성이 우수한 파장가변 결정이 개발되면서 이것을 사용하는 연구가 활발하다. 특히 Ti:sapphire 결정은 660~1100 nm의 넓은 발진파장 영역과 $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ 의 큰 유도방출 단면적을 갖고 있으므로 매우 주목을 받고 있다.^[4]

Ti:sapphire 레이저를 사용하는 경우, 지금까지 보고된 증폭시스템은 단일통과 다단증폭기,^[5] 재생증폭기,^[6] 다중통과 증폭기^[7] 등이 있다. 단일통과 다단증폭기 방식은 낮은 추출효율과 증폭기 간의 펄핑동기 문제가 있다. 재생증폭기는 시간-다중(time-multiplexing)으로 이득증가의 장점이 있으나, 증폭기의 공진기내에 삽입된 Pockels cell과 편광판 등이 파장의 가변범위를 제약하는 결점이 있다. 다중통과 증폭기는 파장 가변범위를 넓게 하고 각 증폭단의 이득을 높이는 이점을 지니고 있다. 그러나, 이 방식은 각도-다중(angular-multiplexing)으로 광학구성과 광축조정의 어려움이 있으며, 지금까지 여

러가지 광학계 구성이 제안되고 있다.

본 연구에서 양단펄핑되고, 수 개의 직각프리즘 쌍으로 구성된 다중통과 Ti:sapphire 증폭기를 개발하였다. 최적 다중통과 증폭기의 설계를 위해 포화특성 해석과 증폭이득을 향상시키고, 최적 통과회수를 정하였다. 개발된 2단의 다중통과 증폭기는 10 pm 이하의 좁은 스펙트럼을 출력하며, 양질의 레이저빔의 공간분포는 단일모드 형태를 갖는다. 본 논문에서는 개발된 시스템의 설계 파라메타와 출력특성을 보고하고자 한다.

II. 실험 장치

1. Ti:sapphire 레이저시스템 구성

본 연구에서 구성한 실험장치는 그림 1과 같이 Nd:YAG 펄핑광원, Ti:sapphire 발진기, 2단 다중통과 증폭기와 측정장치로 구성되었다.

Ti:sapphire 레이저의 펄핑광원은 Continuum; Sulite-II의 Q-스위칭된 Nd:YAG 레이저이며, 이의 출력특성은 펄스폭 6 ns(FWHM), 반복율 10 Hz, 최대 출력에너지 600 mJ, 빔의 지름은 7 mm이다. Nd:YAG 레이저 출력의 제 2고조파 변환은 KTP 결정을 사용하였으며, 크기는 $7 \times 7 \times 7 \text{ mm}^3$ 이다. 제 2고조파의 최대 출력에너지는 160 mJ이고, 이것을 이색거울 DM을 사용하여 $1.06 \mu\text{m}$ 와 532 nm를 분리하였다. 분리된 제 2 고조파는 P-편광판과 532 nm통과 필터 F_1 를 통과한 후 발진기, 첫 번째와 두 번째 증폭기를 펄핑하기 위해 BS_1 과 BS_2 를 사용하여 각각 분리되었다. 나누어진 제 2고조파는 50%의 $BS_3 \sim BS_5$ 에 의해 분리되고 직각 프리즘을 통해 Ti:sapphire

*본 연구는 과학기술처의 1995 국제공동연구과제(I-1-068)에 의해 과학기술처와 LG 산전주식회사의 지원을 받아 수행되었기에 감사드립니다.

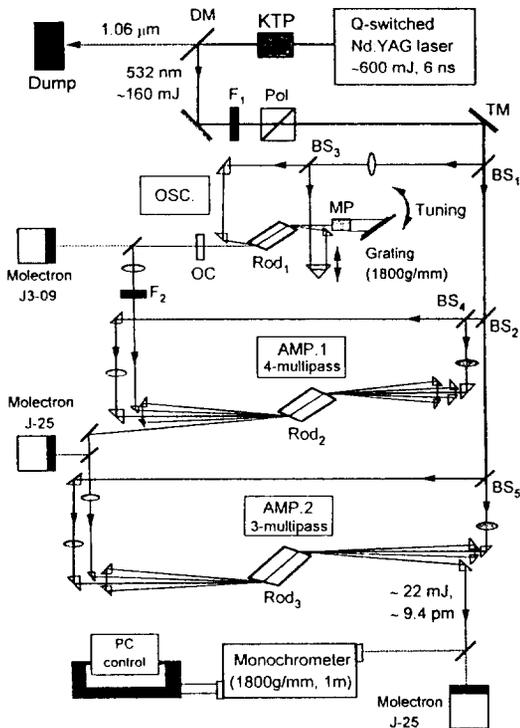


그림 1. Experimental setup of Ti:sapphire laser system based on two-stage multipass amplifier. DM: Dichroic mirror, F: Filter, Pol: Polarizer, MP: Multiple-prism beam expander, OC: Output coupler, BS: Beam splitter, Rod: Ti:sapphire rod.

결정을 양단에서 펌핑한다. Ti:sapphire 발진기를 펌핑하기 위해 초점거리가 0.5 m인 집속렌즈를 사용하고, 두 단의 증폭기에는 초점거리가 1 m인 집속렌즈를 각각 사용하였다.

Ti:sapphire 발진기는 MPL(Multiple-prism Littrow grating)방식으로 프리즘 광속 확대기(MP), 회절격자(G, 1800 g/mm)와 출력경으로 구성되었고 공진기의 전체 길이는 45 cm이다.^[8] 여기서 사용된 출력경 OC는 680~750 nm에서 투과율이 15%이다. Ti:sapphire 발진기의 출력특성은 출력경 OC일 때 705~845 nm의 넓은 범위에서 연속적인 파장선택이 가능하며, 중심파장 790 nm때 출력에너지는 300 μJ, 스펙트럼 선폭은 0.13 cm⁻¹(8.4 pm), 빔의 지름은 0.6 mm이고, 빔 발산각은 1.2 mrad의 출력특성을 갖는다.

Ti:sapphire 다중통과 증폭기는 2단으로 구성되었으며, 증폭결정을 양쪽에서 펌핑하는 구조이다. 최적화된 첫

번째 증폭기는 AMP.1과 같이 직각프리즘 쌍에 의해 4회 통과되며, 두 번째 증폭기는 3회의 통과회수를 갖는다. 개발된 증폭기의 구조는 다음 2절에서 구체적으로 서술하였다.

실험에서 에너지를 측정하기 위해 사용한 장치는 Moletron사의 J3-09와 J-25의 에너지미터이고, 레이저빔 크기의 측정에는 Spricon사의 Laser Beam Analyzer(lba-100A)를 사용하였다. 또한, Acton사의 1-meter monochrometer를 사용하여 각각의 파장을 읽었다. 스펙트럼 선폭을 측정하기 위해 4 mm, 2 mm의 두께의 Fabry-Pérot 에타론으로 링 무늬를 생성하고, 무늬의 강도는 1024 pixel의 CCD와 286 IBM-PC를 사용하여 측정하였다.

2. Ti:sapphire 다중통과 증폭기

다중통과 증폭기는 그림 1의 Amp.1과 Amp.2와 같이 증폭결정과 직각프리즘쌍으로 구성하였다. 첫 번째 증폭기에서는 발진기의 레이저빔이 1.2 mrad의 발산각을 갖기 때문에 초점거리가 1.2 m인 집속렌즈를 삽입하여 증폭기 결정에 시준하였다. 증폭기에서 다중통과 구조는 증폭기의 결정이 Brewster 각으로 잘려져 있기 때문에 그림 1과 같은 평면도에서 수평각을 갖는 구조를 형성한다. 증폭기 결정을 수회 통과시켜야 하는 광의 구조적 문제 때문에 15×15×15 mm³의 직각 프리즘쌍을 사용하여 입력빔을 왕복시켰다. 증폭결정에서 입력빔의 통과회수는 10회 이하로 제한되는데, 펌핑빔의 경로와 신호의 중첩에 한계가 있기 때문이다. 증폭기에서 펌핑빔과 입력빔의 크기는 증폭결정의 단면에서 반사된 이미지의 크기는 Laser Beam Analyzer로 측정하여 맞추었다. 첫 번째 증폭결정의 크기는 8 mm(φ)×20 mm(L)이며, 막대의 양단은 60°24'5"의 Brewster 각으로 절단되었으며, Nd:YAG 레이저의 제 2고조파에 대해 97%의 흡수율을 갖는다.

두 번째 증폭기에는 첫 번째 증폭기에서 증폭된 레이저빔을 초점거리 1 m의 집속렌즈를 사용하여 지름 1.6 mm로 시준되며, 펌프 빔과 같이 결정의 입사면에서 측정되어 빔의 크기가 조정된다. 증폭결정은 0.07%의 농도와 크기는 8 mm(φ)×15 mm(L)이고, 막대의 양단은 Brewster 각으로 절단되었으며, Nd:YAG 레이저의 제 2고조파에 대해 95%의 흡수율을 갖는다.

III. 실험 결과

3.1 레이저 출력특성

가. 증폭기의 출력 및 이득

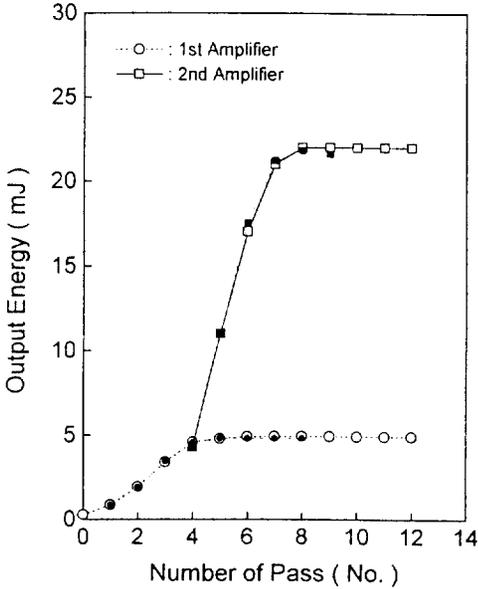


그림 2. Comparison of both amplifiers' performances with a saturation model at 790 nm.

그림 2는 2단의 다중통과 증폭기에서 통과회수에 대한 출력에너지의 포화특성을 나타낸 것이다. 첫 번째 증폭단에서 펌핑에너지는 34 mJ이고, 양단펌핑될 때의 에너지밀도는 각각 2.1 J/cm²이다. 펌핑 빔은 Gaussian 분포이며, 증폭결정 양단의 입사지점에서 입력펄스와 펌프 빔의 지름은 각각 1.1 mm와 1.0 mm이다. 이 이유는 증폭결정에서 레이저 빔이 다중통과될 때 펌핑 단면적을 완전히 감싸서 에너지의 손실을 최소화하기 위한 것이다. 제 1단 증폭기에서 통과회수를 8회까지 변화시키면서 실험하고, 포화모델에 대한 해석을 하여 비교함으로써 최적의 통과회수를 결정하였다.^[9] 다중통과 증폭기에서 이득 및 포화방정식에 의해 통과회수에 대한 손실을 해석할 수 있다.^[10] 또한, 단색성의 레이저 입력펄스 E_s 를 증폭결정에 한번 통과시킬 때, 출력되는 플루언스는 아래와 같이 표현된다.^[11]

$$E_{out1} = E_s \ln[1 + (\exp(E_i/E_{sat}) - 1)\exp(\beta E_s L)] \quad (1)$$

여기에서 E_{sat} 는 포화 플루언스, g_0 와 E_s 는 초기에 결정되는 소신호 이득계수와 단위면적당 저장에너지이다. 그림에서 통과회수에 대한 출력에너지의 계산결과와 구성된 시스템의 측정결과를 비교할 때, 각 단에서 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. Ti:sapphire 발진기로부터 얻은 300 μJ, 10 ps 이하의 펄스를 증폭기에 주입하여 출력 에너지가 포화되는 조건을 찾았으며, 4회의 통과회수 때

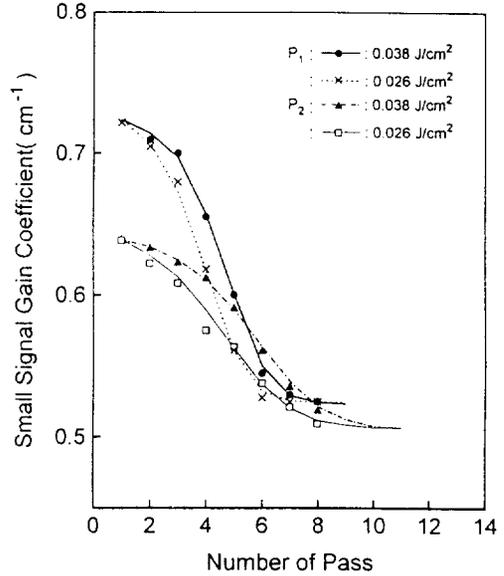


그림 3. Small-signal gain coefficient of 1st-stage multi-pass amplifier. Pumping energy densities of P_1 and P_2 are 2.1 J/cm² and 1.9 J/cm² respectively.

4.7 mJ, 5회 때 4.9 mJ로 더 이상 출력에너지가 증가하지 않는다. 6, 7회로 증가함에 따라 출력에너지는 감소하며, 레이저빔의 품질은 나빠진다. 따라서, 첫 번째 증폭기에서는 에너지가 포화되는 4회를 최적조건으로 하고, 두 번째 증폭단을 부착하여 출력을 높이는 결과를 얻었다.

두 번째 다중통과 증폭기도 양단펌핑되며 전체 펌핑 에너지는 80 mJ이고, 에너지밀도는 각각 2.8 J/cm²이다. 여기에서 증폭기의 펌핑 에너지밀도를 3 J/cm² 이상 높이지 못하는 이유는 펄스의 첨두치에서 파워밀도가 평균치의 3~4배에 달해 결정에 손상하기 때문이다. 증폭기에 입력되는 입력펄스는 4.5 mJ이며, 첫 번째 증폭기에서 4.8 mJ의 출력은 광학소자에서 손실로 4.5 mJ로 감소하였다. 입사지점에서 입력 빔과 펌프 빔의 지름은 1.6 mm와 1.5 mm로 입력 빔의 지름이 약간 크며, 각 프리즘 쌍을 사용하여 5회 왕복시켰다. 실험에서 펌프 빔과 입력펄스의 에너지 밀도가 높을 수록 적은 통과회수에서 포화현상을 볼 수 있다. 구성된 증폭기의 추출 효율을 살펴보면, 첫 번째 4회 통과 증폭기에서 25%이고, 두 번째 3회통과 증폭기에서 34%이며, 전체 시스템에서 펌핑에너지에 대한 전체효율은 18%이다.

그림 3은 다중통과 증폭기에서 입력 펄스가 증폭기 결정을 다중통과했을 때, 통과회수에 대한 소신호 이득

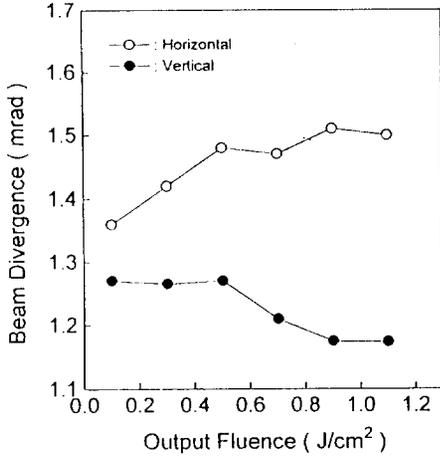


그림 4. Beam divergence of output beam versus output fluence at 790 nm.

계수를 나타낸 것이다. (1)식에서 증폭기를 한번 통과할 때 추출효율은 $E_{eff} = (E_{out} - E_r) / (g_0 E_s L)$ 로 표현할 수 있으며, 두 번째 증폭에서 소신호 이득계수 g_0' 는 g_0 보다 작아지며 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$g_0' = g_0(1 - E_{eff}) \quad (2)$$

여기에서 h 는 플랑크 상수, ν 는 펌핑펄스의 진동수, σ_{21} 는 입력 펄스의 중심파장에서 유도 방출단면적, E_r 는 펌핑펄스의 단위면적 당 에너지, L 은 증폭결정의 길이이다. 실험에서 소신호 이득계수는 입력펄스 I_i 와 증폭기의 출력 I_o 의 측정으로 부터 $I_o = G_0 I_i$ 와 $G_0 = \exp(g_0 L)$ 로 표현되며, 여기서 L 은 증폭기의 길이이다. 그림에서 각 선들은 계산된 값이며, 각 심별들은 측정된 값들이다. 증폭특성을 해석하기 위해 스펙트럼 선포 10 pm 이하의 특성을 갖는 두 경우의 입력펄스 0.038, 0.026 J/cm²를 증폭결정에 주입하고, 펌핑에너지의 밀도 $P_1 = 2.1$ 과 $P_2 = 1.9$ J/cm²에 대해 소신호 이득계수를 각각 구하였다. 여기서, 플루언스의 세기는 필터 F_2 의 투과율로 조정하고, P_1 과 P_2 는 선속분할기 BS₂로 조정하였다. 증폭결정에 저장된 에너지는 다중통과되는 입력펄스에 의해 점점 감소되며, 소신호 이득계수도 작아지게 된다. 동일한 펌핑에너지의 조건에서 증폭결정에 입력펄스의 통과회수를 증가시키면, 각각의 에너지밀도를 갖는 입력펄스의 소신호 이득계수는 감소하다가 결국 동일한 값으로 떨어지며, 증폭기에서 출력은 더 이상 증가하지 않는다. 이는 증폭결정의 상준위에 저장된 에너지가 감소되는 현상으로 설명되며, 통과회수에 대해 다중통과 증폭기의 출력 에너지는 포화곡선을 그리게 된다.

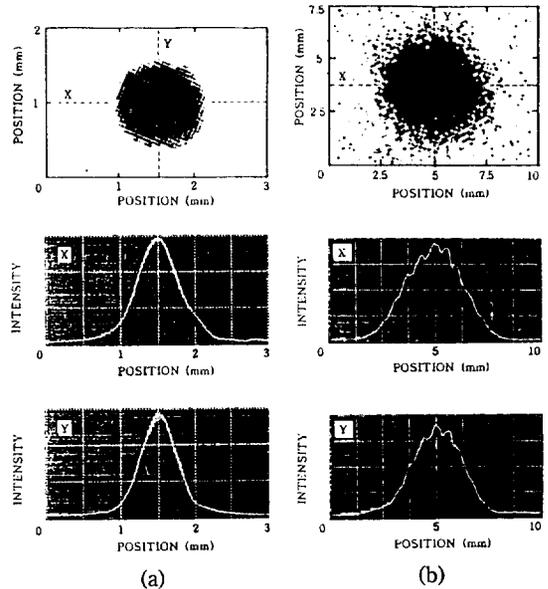


그림 5. The near and far-fields of the multipass amplifier output beam, distances of (a) and (b) are 0.5 and 5 m after output coupler. Uppers are density plots(darker shading represents higher density). Profiles through the centroid of the data along lines parallel to the x and y direction are shown in middle and down as near Gaussian profiles.

나. 출력 빔의 공간분포

그림 4는 증폭기에서 출력에너지에 대한 빔 발산각을 나타낸다. 수평축에 대한 빔 발산각은 출력에너지가 증가함에 따라 증가하다가 멈추는 반면, 수직축에 대한 빔 발산각은 그와 반대의 경향을 보여준다. 증폭기에서 빔의 지름은 에너지가 증가함에 따라 커지게 되는데, 수평축 빔의 지름은 수직축에 비해 증가율이 크게 나타나기 때문이다. 출력에너지가 1.1 J/cm² 일 때, 출력 빔의 수평에 대한 수직축의 비 W_x/W_y 는 1.15로 완전한 원형이 아님을 알 수 있는데, 이는 다중 통과를 하는 과정에서 x축에 대한 기하학적 오차와 발전기와 증폭기에 사용된 Ti:sapphire 막대가 Brewster각으로 잘려진 것에 기인한 것이라 생각된다.

그림 5의 (a)와 (b)는 2단의 다중통과 증폭기의 출력 단으로부터 0.5와 5.5 m의 두 지점에서 측정된 출력 빔의 강도분포를 나타낸 것이다. 그림(a)와 (b)의 상단에 있는 두 반점은 출력 빔을 감광지에 기록하여 스캐닝 한 결과로 중심부의 진한부분이 강도가 강한 부분이다. 두 번째와 세 번째는 출력 빔의 중심을 축으로 측정된 X와

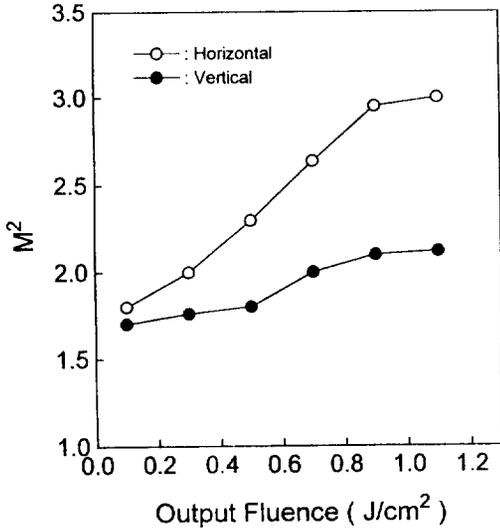


그림 6. M^2 parameter of the output beam versus output fluence at 790 nm.

Y축에 대한 공간적 분포로 유사 Gaussian 형임을 알 수 있다.

그림 6은 증폭기의 출력 플루언스에 대한 수평과 수직축에 대하여 측정된 M^2 값을 표시하였다. 출력 빔에 대해 좀더 정상적인 측정은 출력 에너지에 대해 다음 식과 같은 M^2 파라메타를 측정하는 것에 의해 얻을 수 있다.^[12]

$$M^2 = (\pi/4\lambda) \cdot \theta \cdot d \quad (3)$$

위 식에서 λ 는 출력 빔의 파장, θ 는 빔 발산각, d 는 지름을 나타내며, M^2 가 작으면 작을수록 기본 모드에 가깝다고 할 수 있으며, 기본 모드는 M^2 가 1인 경우이다. 그림에서 출력 플루언스가 1.1 J/cm² 일 때 수평축과 수직축의 M^2 파라메타는 3.1과 2.1이며, 평균값은 2.6이므로 회절한계에 가까운 값이다. 출력 빔의 지름과 M^2 의 비대칭성은 Ti:sapphire 막대의 Brewster 각 절단에 의해서 야기된 펌프 빔의 타원형 입사에 의한 것이라 생각된다.

2. 스펙트럼 특성

그림 7은 2단의 다중통과 증폭기에서 얻은 파장의 가변범위에 대한 출력에너지를 나타낸다. 이 범위는 Ti:sapphire 발진기에서 얻어지는 파장가변 영역 705 nm ~ 845 nm와 일치하며, 800 nm에서 최고의 출력에너지를 갖는다. 이 출력곡선은 Ti:sapphire 레이저의 발진대역에서 중심부와 가장자리의 에너지 증폭이득을 비교할 수

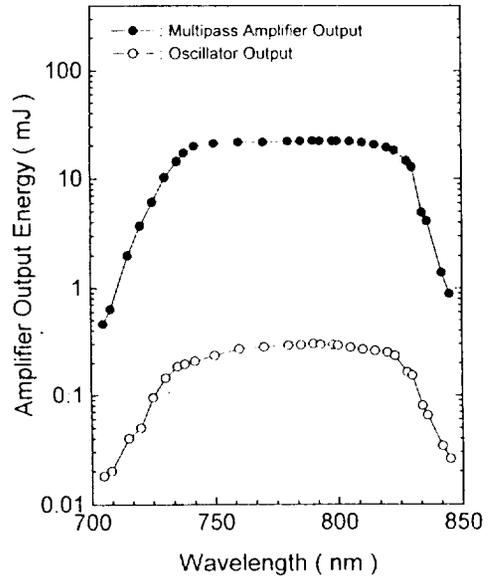


그림 7. Tuning curve of multipass Ti:sapphire Amplifiers. This result is obtained after two-stage amplifications.

있으며, 790 nm의 파장에서 증폭이득은 20 dB이고, 705와 840 nm에서는 증폭이득은 16 dB와 17 dB로 크게 차이가 난다. 유도방출단면적이 790 nm에서 $3.0 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$ 이고, 700, 850 nm의 파장대역에서는 $1.8 \sim 2.0 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$ 로 되어 있기 때문이라 여겨진다.^[4]

그림 8은 파장이 790 nm 일때, 발진기와 2단 증폭기의 대표적인 스펙트럼 선폭의 측정결과를 나타내었다. 그림 8의 (a)와 (b)의 링 무늬의 생성에는 2, 4 mm의 모니터용 Fabry-Perot 에탈론이 사용되었다. 1800 G/mm의 회절 격자를 포함한 MPL 방식의 공진기에서 얻어진 스펙트럼 선폭은 최대 0.13 cm^{-1} (8.4 pm)로 그림 8(a)와 같고, 공진기의 길이 40 cm에 대해 5~6개의 종 모드를 포함한다. 증폭 후의 스펙트럼 선폭은 0.15 cm^{-1} (9.4 pm)로 그림 8(b)와 같다. 스펙트럼 선폭의 증가는 발진기로부터 주입되는 입력신호가 증폭기의 결정을 통과할 때 이득분포 가장자리의 기생 발진에 기인한 것이라 생각된다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPL방식의 Ti:sapphire 발진기와 직각 프리즘쌍으로 구성된 2단의 다중통과 증폭기를 구성하였다. 이때, 전 파장범위에서 10 pm 이하의 좁은 스펙트럼 선폭을 얻었다. 특히, 다중통과 증폭기의 포화특성에 대한 해석을 통해 소신호 이득계수의 변화와 출력

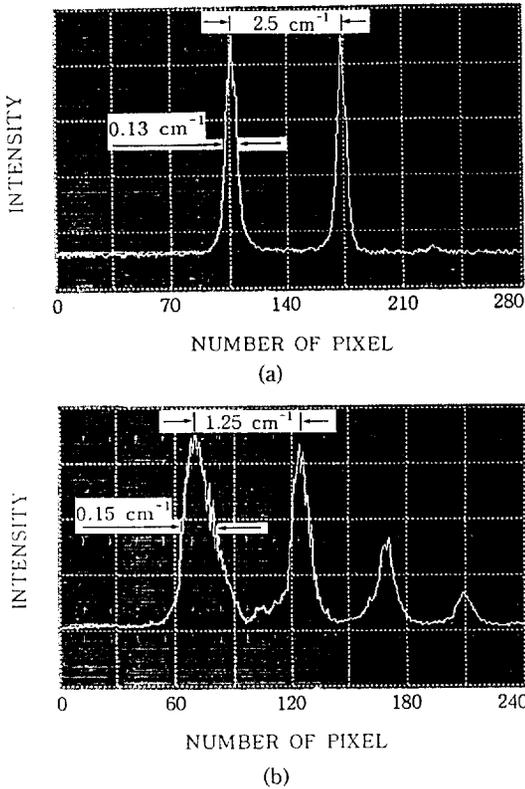


그림 8. Fabry-Perot fringe pattern of output spectrum of (a) oscillator output beam and (b) amplifier output beam, as observed by using the 2-dimension CCD with 1024 pixels.

에너지의 포화점을 구하여 최적의 다중통과 증폭기를 구성하였다. 또한, 10 Hz로 동작하고 최대 출력에너지의 레이저 빔이 전파되는 두 지점에서 강도분포를 측정하여 출력 빔의 발산각과 빔 품질의 정도를 나타내는 M^2 을 산출하였다. 첫 번째 4회 통과 증폭기의 추출효율은 25%, 증폭이득은 12 dB, 최대출력 에너지는 4.5 mJ이었으며, 두 번째 3회 통과 증폭기는 추출효율 34%, 증폭이득 8 dB, 최대출력 에너지 22 mJ를 얻었다. 이때의 파장가변 범위는 705~845 nm이고 스펙트럼 선폭은 0.15 cm^{-1} (9.4 pm)이며, 펄핑에너지에 대한 전체효율은 18%이다. 최대 출력에너지에서 빔 발산각은 X, Y축에서 각각 1.1, 1.5 mrad이며, 빔 품질을 나타내는 M^2 파라메타는 2.6으로

단일모드에 가까운 값을 알 수 있다.

위 결과에서 좁은 스펙트럼 선폭을 갖는 Ti:sapphire 다중증폭 시스템에 대한 출력특성을 이론 값과 비교함으로써 대출력 에너지를 얻기 위한 증폭기 설계의 방향을 제시하였다. 717~738 nm대역의 흡수 스펙트럼을 갖는 대기 중의 수분층징^[13] 및 파장변화에 의한 UV광 생성으로 대기 중의 오염물질을 측정하기 위한 LIDAR의 광원으로 사용하기에 매우 적합하다^[14]고 생각되며, 그 활용이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] C. Nagasawa, M. Abo, and K. Kimiyama, and O. Uchino, 17th Int. Laser Radar Conf. Sendai, 147 (1994).
- [2] 이용우, 이주희, 한국광학회지, 투고중 (1996).
- [3] T. Kobayshi, The Review of Laser Engineering of Japanese, 17, 4 (1989).
- [4] J. M. Eggleston, L. G. Deshazer, and K. W. Kangas, IEEE. J. Quantum. Electron. QE-24, 1009 (1988).
- [5] J. C. Barnes, N. P. Barnes, and V. E. Miller, IEEE. J. Quantum. Electron. QE-24, 1029 (1988).
- [6] P. Beaud, M. Richardson, E. J. Miesak, and B. H. T. Chai, Opt. Lett., 18, 1550 (1993).
- [7] P. Georges, F. Estable, F. Salin, J. P. Poizat, P. Grangier, and A. Brun, Opt. Lett., 16, 144 (1991).
- [8] 이용우, 이주희, S. N. Sergeev, 한국광학회지 6, 16 (1995).
- [9] Yong Woo Yi, and Choo Hie Lee, ICO'17 Optics for Science and New Technology, (1996, 8).
- [10] L. M. Frantz and J. S. Nodvik, J. of Appl. Physic., 34, 2346 (1963).
- [11] W. Koechner, Solid-State Laser Engineering 3rd edition (Springer Series in Optical Sciences, Springer-Verlag, Berlin, 1992).
- [12] K. Kuba, The Review of Laser Engineering of Japanese, 21, 16 (1993).
- [13] P. Ponsardin, N. S. Higdon, B. E. Grossmann, and E. V. Browell, Appl. Optics, 33, 6439 (1994).
- [14] Yong Woo Yi, and Choo Hie Lee, SPIE's Photonics China '96 International Symposium Lasers, Optoelectronics, and Microphotonics, (1996, 11).

Characteristics of Multipass Amplification of Ti:sapphire Laser for DIAL

Yong Woo Yi and Choo Hie Lee

Institute for Laser Engineering, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea

(Received: August 7, 1996)

Multipass Ti:sapphire amplifier for the light source of DIAL was developed with an angular-multiplexing, and the characteristics of output energy and spectra were investigated. As the characteristics of two-stage multipass amplifier, the maximum output energy was 22 mJ and the amplification gain was 20 dB on the wavelength of 790 nm. At that condition, output efficiency of the pumping energy was 18 percent. We obtained 0.15 cm^{-1} (9.4 pm) as a spectral linewidth in the tuning range of 705~845 nm.