

## 펄스폭 연속가변 Quenched Dye Laser

황선우 · 이영주 · 김용평

경희대학교 전자공학과

김성훈 · 최종운

한국표준과학연구원 광학그룹

(1998년 11월 11일 받음, 1999년 3월 17일 수정본 받음)

여기밀도 변화에 따른 펄스폭 연속 가변 Quenched Dye Laser(QDL)를 설계 제작하여 그 동작 특성을 분석하였다. 펄핑광원은 펄스폭 20 ns(FWHM), 에너지 150 mJ의 XeCl 엑시머 레이저를 사용하였으며, 색소레이저의 활성매질은 Rhodamine 6G로서 에탄올(ethanol)용액에  $2.5 \times 10^{-3}$  [mol/l]의 농도로 용해 요하였다. 활성길이 5 mm인 색소셀에서 서로 평행한 양면을 공진기로 구성하여 색소레이저의 이완발진 출력특성을 얻었다. 이완발진의 펄스열에서 단일 펄스를 추출하기 위해 QDL를 구성하였다. QDL의 펄스폭을 가변하기 위해 초점거리  $f=150$  mm 집속렌즈를 이동시켜 색소셀에 조사되는 공간적 펄핑폭을 조절함으로써 여기밀도를  $8.8 \times 10^{23}$  [cm<sup>-3</sup>s<sup>-1</sup>]- $2.8 \times 10^{23}$  [cm<sup>-3</sup>s<sup>-1</sup>]까지 가변시켰다. 공간적 펄핑폭에 따른 펄스폭 가변 실험을 수행한 결과 QDL의 발진 펄스폭이 86 ps-201 ps 사이에서 연속적으로 가변됨을 알 수 있었다.

### I. 서 론

현재까지 미지의 영역이었던 물질의 초고속현상의 규명 및 이와 같은 현상들을 응용하기 위한 극초단 레이저의 발생 및 고출력화에 관한 연구가 진행되고 있다.<sup>[1-4]</sup>

극초단 펄스레이저 기술은 초고속 광통신, 광화학, 정밀계측 등 다양한 첨단기술 분야에서 필수적인 기반기술로 이용되며 세계적으로 그 중요성이 점점 증가하고 있다. 극초단 펄스 발생에 이용되는 대표적 레이저는 색소레이저로서 모드록킹(mode-locking) 기술을 이용하여 1970년대부터 폭넓은 연구가 이루어져 왔으며,<sup>[5]</sup> 1980년대 후반에 들어 모드록킹에 의한 극초단 펄스레이저를 발전시켜 초고속 현상규명 연구가 진행되었다. 특히, 제2세대 컴퓨터와 통신 시스템의 중요부품인 초고속 전자 그리고 광소자 부품개발, 부품의 성능평가 등도 극초단 펄스 레이저를 이용하여 활발히 연구되고 있다.<sup>[1-5]</sup>

1990년대에 들어서면서 Ti:sapphire 레이저로 대표되는 새로운 극초단 레이저와 펄스압축기술의 개발로 고성능의 극초단 펄스 레이저 제작기술은 상용화되었고 극초단 펄스 검출 기술도 실용성이 극히 뛰어난 기술들이 개발되고 있다.<sup>[1]</sup> 지금까지 개발된 극초단 레이저는 최단 4.5fs ( $4.5 \times 10^{-15}$ second)의 극초단 펄스를 발생시켰다.<sup>[6-7]</sup>

고에너지의 극초단 펄스 레이저 발생에는 모드록킹 소자, 펄스선택기, Q-스위칭소자 등 여러 가지 광학소자가 필수적이며 시스템이 복잡하게 되어 장비가 고가라는 단점이 있다.<sup>[8-9]</sup> 이에 비해 이완발진 현상을 이용하는 QDL는 간단한 장치로 쉽게 피코초레이저 발생 및 가변시킬 수 있다.<sup>[10-12]</sup>

초정밀계측, 생체의학, 반도체 특성평가, 신소재개발 등에서는 수fs~수백ps까지의 광범위한 펄스폭 가변이 필요하므로<sup>[13]</sup>

펄스폭 가변 레이저 기술이 확립되면 이러한 첨단산업기술 분야에 새로운 광원으로 이용되어 신기술 창출효과가 막대할 것으로 예상된다. 그러나 국내는 물론 세계적으로도 펄스폭 가변 레이저의 기술은 아직 개발되어 있지 않다.

본 연구는 레이저 등장 이후 현재까지도 실현되지 못하고 있는 연속적인 펄스폭 가변 레이저 구현의 가능성을 검토하는데 그 목적을 두고 있다. 즉, 유기색소의 이완발진에 대한 발진 메카니즘의 분석 그리고 이를 이용한 펄스폭 연속 가변 QDL 시스템의 구현<sup>[14-15]</sup>에 연구 목표를 두고 진행하였다.

본 연구에서는 이완발진의 시간적 출력특성을 고찰하기 위한 모의실험 결과<sup>[15,20]</sup>를 기초로 QDL의 펄스폭 연속가변 실험을 수행하였다. 펄핑 광원으로는 펄스폭 20 ns(FWHM), 에너지 150 mJ을 갖는 XeCl 엑시머 레이저를 사용하였다. QDL는  $2.5 \times 10^{-3}$  [mol/l]농도의 Rhodamine 6G를 레이저 매질로 사용하여 5 mm 색소셀과 소광거울로 구성하였다. QDL 단일 펄스폭은 강도형 비공선 자체상관기로 측정하였으며, 집속렌즈를 이동시켜 공간적인 펄핑폭을 변화시켜 펄스폭 연속가변 특성을 고찰 하였다.

### II. 실험 및 고찰

#### 2.1. QDL 시스템

그림 1은 펄스폭 가변 QDL의 실험장치도이다. 펄핑광원인 XeCl 엑시머 레이저(Quetek Model 2560)의 펄스폭은 펄스상승시간이 270ps인 Biplanar Phototube (Hamamatsu R1193U-01)와 오실로스코프(LeCroy 9362, 10GS/s)로 측정된 결과 약 20ns(FWHM)이었고 에너지는 레이저 에너지 측정기(Gentec ED-500)로 측정된 결과 약 150 mJ이었다. 펄핑광원

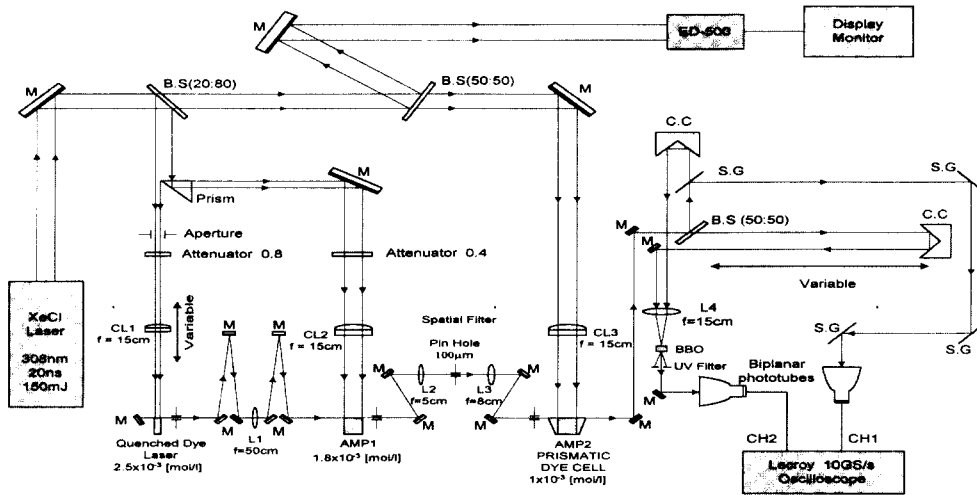


그림 1. 펄스폭 연속가변 Quenched Dye Laser의 실험 장치도.

의 일부 빔을 레이저 에너지 측정기 (Gentec ED-500)로 측정하고 색소셀에 입사되는 펌핑빔을 레이저 에너지 측정기 (Gentec ED-100A)로 측정하여 교정하였다. 레이저 에너지 측정기 (Gentec ED-500)에서 가장 안정적인 24.5~25.5 mJ 사이의 에너지만을 선택하고 XeCl 엑시머 레이저의 펄스폭을 모니터링 하면서 펄스폭 연속가변 실험에 이용하였다.

펌핑빔을 초점거리  $f=150\text{ mm}$ 인 집속렌즈로 집속하여 색소셀에 균일하게 입사되도록 하였다. 색소는 Rhodamine 6G를 에탄올 용액에  $2.5 \times 10^{-3} [\text{mol/l}]$ 의 농도로 용해시켜 사용했으며 색소셀의 길이는 5 mm이다. 색소셀은 응용석영을 재질로 하여 제작된 것(Helma사 제품)으로 펌핑빔의 입사면에 대하여 수직인 양면이(반사율 약 4%) 서로 평행하게 되어 있어 패브리-페롯 공진기가 구성된다. 이렇게 구성된 공진기에서 레이저 발진에 필요한 광궤환이 자체적으로 일어나는 자체 Q-스위칭으로 이완발진 현상이 일어난다. 만약, 펌핑펄스 강도가 레이저 발진 한계보다 높게 있을 때에는 펄스 발생과정이 다시 되풀이된다.<sup>[10,14]</sup>

그림 2는 펄스상승시간이 270 ps인 Biplanar Phototube (Hamamatsu R1193U-01)와 오실로스코프(LeCroy 9362, 10GS/s)

를 이용하여 측정한 이완발진의 시간적 펄스 파형이다. 이때, 레이저 에너지 측정기(Gentec ED-100A)와 오실로스코프(HP 541001A/D 700 MHz)로 측정된 펌핑에너지는 약 121.6  $\mu\text{J}$ 이다.

이완발진의 시간적 펄스파형을 보면 첫번째 빠른 상승시간을 갖는 스파이크 펄스가 발생한 후 나머지 펄스열은 감쇄진동 형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 반사율이 극히 적은 색소셀을 공진기로 사용했기 때문에 자체 Q-스위칭으로 이완발진 현상이 일어나는 것을 알 수 있다.

이완발진 펄스열에서 처음 발생한 펄스와 두번째 발생한 펄스의 발진 문턱값에는 차이가 있으므로 두번째 펄스의 발진 문턱 값보다 낮게 펌핑광을 주입할 경우 단일 펄스를 얻을 수 있고 출력 펄스폭은 펌핑 펄스폭 보다 대폭 줄일 수 있다. 그러나 이 방법은 펌핑원의 작은 변화에도 이완발진의 특성이 쉽게 변화하기 때문에 안정한 방법이 못된다. 따라서 가장 일반적인 방법으로 QDL은 내부공진기(relaxation cavity)와 외부공진기(quencher cavity)로 구성된다. 레이저 색소가 여기 되면 내부공진기에 의해 빠른 상승시간의 스파이크를 갖는

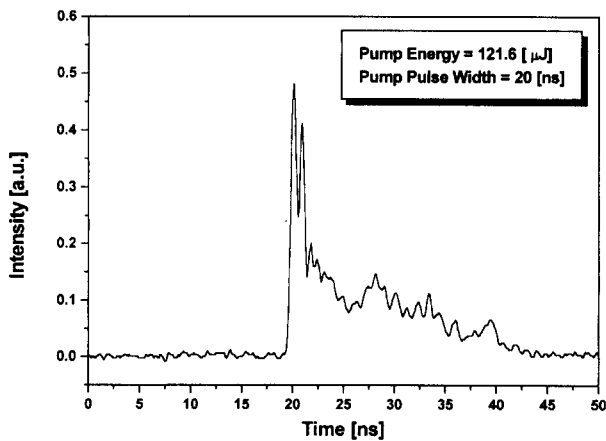


그림 2. 이완발진의 시간적 펄스 파형.

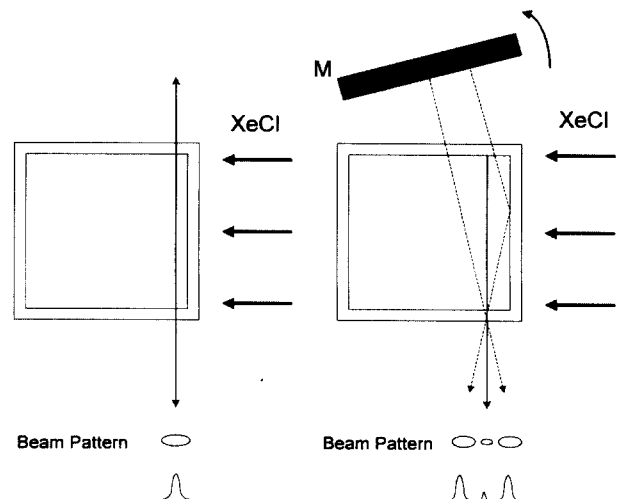


그림 3. QDL의 구성도.

이완발전 출력의 첫번째 스파이크 펄스의 발생 후에 나머지 부분의 펄스열 및 정상발진에 필요한 이득을 고갈시키므로 단일 펄스를 얻을 수 있다.<sup>[10]</sup>

그림 3은 QDL의 구성도를 보여주고 있으며 양방향으로 발진하는 색소레이저의 한쪽 광을 첫번째 펄스가 발생한 후 두번째 펄스가 발생하기 전에 색소셀에 입사시키면 첫번째 펄스 이후 펄스열의 레이저 매질이득이 고갈된다. 소광거울(queenching mirror)을 약간 기울이면 공간적으로 소광 빔과 단일펄스 빔을 분리시킬 수 있다.<sup>[9]</sup> 이때, 공간분포를 살펴보면 가운데 빔의 밝기는 약해지게 되는데 가운데 나타나는 약한 빔이 얻고자하는 단일펄스이다. 편홀을 이용하여 양쪽 빔을 제거함으로써 단일 펄스를 얻을 수 있다.

그림 4는 QDL 펄스의 시간적 파형을 보여주며 그림 2의 이완발전의 시간적 펄스 파형과 비교하면 첫번째 스파이크 펄스 이후 펄스열이 소멸되고 아주 좋은 단일 펄스만을 얻을 수가 있었다. 그림 4를 모의실험 결과와 비교할 때,<sup>[15]</sup> 광검출기와 오실로스코프의 속도한계 때문에 정확한 펄스가 아니다. 따라서 좀더 정확한 펄스폭을 측정하기 위해서는 자체상관기를 이용하면 정확한 펄스폭을 얻을 수 있다.<sup>[16]</sup>

그림 5는 QDL 펄스의 스펙트럼으로서 Jarrell-Ash사의 분

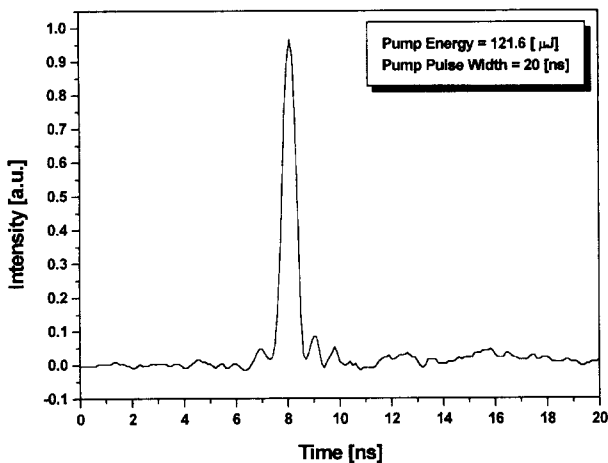


그림 4. QDL 펄스의 시간적 파형.

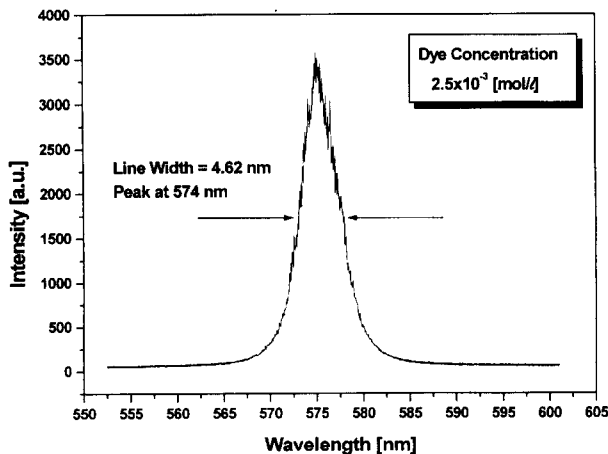


그림 5. QDL 펄스의 스펙트럼.

광기(Model 82-497)를 이용하였다. QDL빔을 분광기 슬릿(25 μm)에 입사시켜 측정된 중심파장은 574 nm이고 선폭은 4.62 nm이었다. QDL은 왕복진행(round-trip) 시간이 짧고 다중모드로 발진하기 때문에 일반 공진기에 비하여 발진선폭이 수 nm로 대단히 긴 것을 알 수 있다.

**2.2. QDL의 펄스폭 측정**

QDL의 펄스폭을 측정하기 위해서는 자체상관기의 비선형 매질에서 제2고조파가 발생되어야 한다. 따라서 제2고조파를 발생시킬 수 있을 정도의 충분한 에너지가 필요하므로 증폭기를 2단으로 구성하여 에너지를 증폭시켰다.

제1증폭단은 Rhodamine 6G( $1.8 \times 10^{-3}$  [mol/l])를 10 mm 색소셀의 이득매질로 사용하였으며, 증폭율은 약 10배이다. 여기서 ASE(Amplified Spontaneous Emission)로 인한 광잡음의 증가는 최종 증폭단에서 크게 문제가 되므로 ASE의 제거가 필수적이어야 한다. 따라서 ASE를 충분히 제거하기 위해서 100 μm의 편홀을 사용하여 공간적인 필터(spatial filter)를 구성하였다.

제2증폭단에는 Rhodamine 6G( $1 \times 10^{-3}$  [mol/l])를 이득매질로 사용한 Bethune Cell을 설치하였다. Bethune cell은 펌핑광의 색소를 전, 후, 상, 하의 4방향에서 여기 시키므로 입사되는 QDL을 공간적으로 균일하게 증폭시킨다. 제 2증폭단의 증폭율은 약 50배였으며, 약 168.1 μJ의 에너지를 얻었다.

펄스폭 측정방법으로는 그림 1과 같이 마이켈슨(Michelson) 간섭계, BBO 결정( $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 그리고 광검출기로 구성된 비공선 강도형 자체상관기를 제작하여 측정하였다. 광분할기 (beam splitter)는 50 : 50인 것을 사용하였으며, 분할된 펄스들의 시간지연은 Michelson 간섭계를 구성하는 두 개의 코너큐브(corner cube)중 하나를 30 cm평행 이동시켜 이루어지도록 하였다. 시간적으로 지연된 두 빔은 초점거리 150 mm인 렌즈를 이용하여  $5 \times 5 \times 5$  mm<sup>3</sup> 크기의 BBO 결정에 입사되어 제2고조파가 발생하게 된다. 이때, 세 개의 제2차 고조파 빔이 발생하게 되는데 하나는 분할된 두 빔의 자체상관 (autocorrelation)에 의한 것이며 나머지 두 개는 각각의 빔이 독립적으로 발생시키는 것이다. 따라서 정확히 위상이 정합 되면 독립적으로 발생하는 두 개의 빔은 소멸되고 자체상관에 의한 제2고조파 빔만이 나오게 된다. 이를 자외선 필터 (UV filter)를 사용하여 QDL빔을 제거하고 제 2고조파 빔만을 추출한 후, 그 강도를 측정하였다.

그림 1의 실험 장치도에서 보이는 것처럼 오실로스코프 (LeCroy 9362)의 채널 1에서는 Biplanar phototube(Hamamatsu R1193U-01)를 사용하여 ASE가 충분히 제거된 QDL의 단일 펄스빔만을 선택하면서 채널 2에서는 Biplanar phototube (Hamamatsu R1193U-02)를 사용하여 제2고조파 빔의 강도를 측정하였다.

그림 6은 비공선 자체상관기를 이용하여 측정된 QDL의 시간적 파형이다. 이때, 집속렌즈는 초점거리에 있으며 공간적인 펌핑폭은 선형 광다이오드 배열(Linear Photodiode Array; EG&G RL2048D)을 색소셀의 위치에 놓고 측정된 결과 273.0 μm이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 펄스의 모양을 가우시안

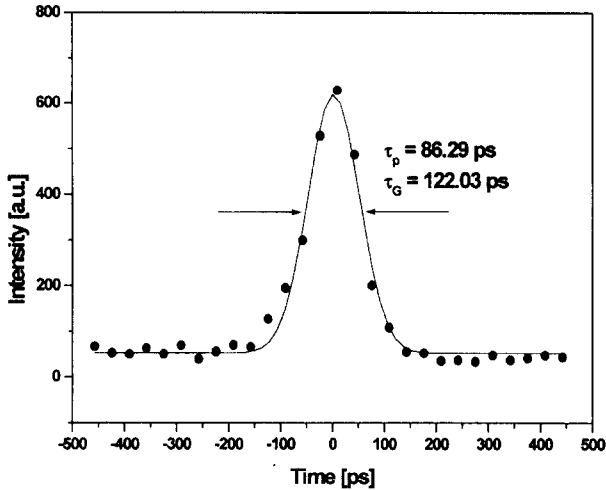


그림 6. 비공선 자체상관기로 측정한 QDL의 시간적 펄스 파형.

함수( $\exp(-x^2)$ )와 비교하여 보았을 때 매우 잘 일치하였으며 제2고조파 자체상관 파형의 반치전폭(FWHM)은  $\tau_G = 122$  ps이다. 자체상관계에서 출력되는 신호와 실제시간 사이의 변환계수( $\tau_p/\tau_G = 0.7071$ )사용하면<sup>[17]</sup> 실제펄스의 반치폭은  $\tau_p = 86$  ps이다.

울방정식을 이용한 모의실험에서는 최소 65 ps까지 얻을 수 있었으나<sup>[15]</sup> 모의실험과의 펄스폭 차이는 집속렌즈로 증가시킬 수 있는 여기밀도의 한계, 색소의 온도에 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

### 2.3. QDL의 펄스폭 가변특성

그림 7은 집속렌즈 이동거리에 따른 공간적인 펌핑폭 변화를 나타낸 것으로 그림 1에서처럼 QDL 전단의 초점거리  $f = 150$  mm인 집속렌즈를 14 mm까지 이동하면서 색소셀에 조사되는 공간적인 펌핑폭을 273.0  $\mu\text{m}$ ~845.0  $\mu\text{m}$  변화시켰다. 펌핑에너지가 121.6  $\mu\text{J}$ 일때 렌즈의 이동변화에 따른 공간적인 펌핑폭이 거의 선형적인 관계를 보여주고 있다.

초점거리  $f = 150$  mm인 집속렌즈를 14 mm까지 이동시켰으므로 색소셀과 집속렌즈의 거리는 150~164 mm로 변화게

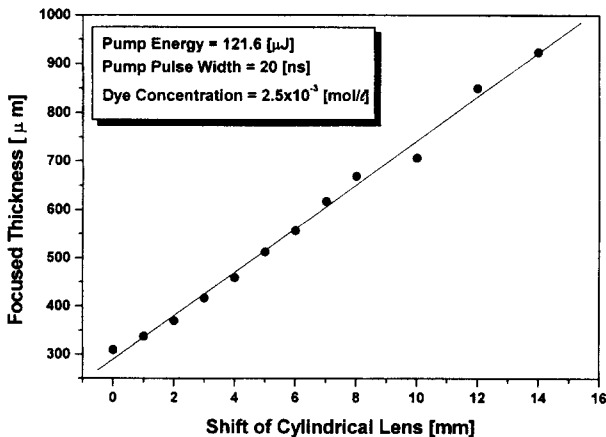


그림 7. 집속렌즈 이동거리에 따른 공간적인 펌핑폭 변화.

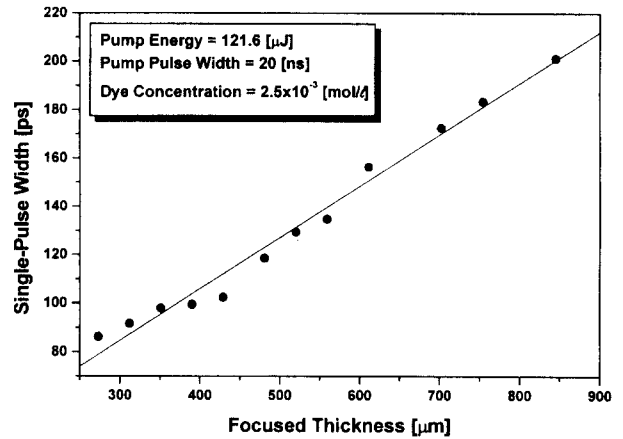


그림 8. 공간적인 펌핑폭에 따른 발진 펄스폭 변화.

된다. 이것을 가우시안 파형이라고 가정하여 집속렌즈로부터 150~164 mm 떨어진 지점의 빔의 반경<sup>[18]</sup>을 계산한 결과 그림 7과 같이 거의 선형적으로 변화됨을 알 수 있었다.

그림 8은 여기밀도의 변화에 따른, 즉, 공간적인 펌핑폭에 따른 펄스폭 가변 특성을 비공선 자체상관기를 이용하여 발진 펄스폭을 측정한 결과이다. 공간적인 펌핑폭이 273.0~845.0  $\mu\text{m}$ 로 변화할 때 얻어진 발진펄스폭은 86~201 ps 사이에서 거의 선형적이며 연속적으로 변화함을 알 수 있다.

여기밀도는 공간적 펌핑폭, 활성매질의 길이 그리고 색소 용액에 침투된 깊이와 관련된 파라메타들의 곱<sup>[8]</sup>으로 계산하였다. 공간적 펌핑폭이 273.0  $\mu\text{m}$ 일때 여기밀도는  $8.8 \times 10^{23} [\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}]$ 이며 845.0  $\mu\text{m}$ 일때는  $2.8 \times 10^{23} [\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}]$ 이다. 즉, 공간적인 펌핑폭이 작아지면 여기밀도가 크게되어 밀도 반전이 스파이크 펄스 발진 한계치에 빨리 도달하게 된다. 그러므로 공진기의 낮은 Q값이 쉽게 보상된다. 공진기 감쇠시간은 밀도반전의 제곱항에 비례하므로 빠른 상승시간을 갖는 첫번째 스파이크 펄스가 발생한 후 나머지 펄스열은 감쇄진동 형태로 발생한다.<sup>[19]</sup> 이러한 이완발진에서 첫번째 스파이크 펄스를 사용한 QDL는 짧은 발진 펄스폭을 갖게 된다. 이와는 반대로 동일한 펌핑에너지에서 공간적 펌핑폭이 커짐에 따라 여기밀도가 작아지게 되어 QDL의 발진 펄스폭이 길어지게 된다. 따라서 QDL의 펄스폭 변화는 여기밀도변화에 의존하는 것을 알 수 있었다. 여기밀도를 변화시키는 입력파라메타 중 펌핑에너지, 펌핑펄스폭, 활성매질의 길이, 유기색소의 농도등의 파라메타값들을 가변하기가 어렵다. 따라서 집속렌즈를 이동시켜 색소셀에 조사되는 공간적인 펌핑폭을 가변함으로써 쉽게 피코초레이저를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 펄스폭을 연속적으로 가변시킬 수 있음을 알 수 있었다.<sup>[20]</sup>

### III. 결 론

QDL는 간단한 장치로 쉽게 피코초레이저를 발생시킬 뿐만 아니라, 펄스폭 가변 레이저 실현의 가능성을 제시함으로써 초정밀 계측, 광화학, 생체계측, 반도체 특성평가, 신소재 개발, 의료 등의 첨단 산업 분야에 새로운 광원으로 이용되어

신기술 창출 효과가 클 것으로 예상된다.

본 연구에서는 XeCl 엑시머 레이저를 펌핑원으로 하는 펄스폭 연속 가변 QDL를 설계 제작하여 그 동작특성을 분석하였다. 펄스폭 20 ns(FWHM), 반복율 1 Hz, 에너지 150 mJ의 XeCl 엑시머 레이저로 길이 5 mm, 농도  $2.5 \times 10^{-3}$  [mol/l]인 Rhodamine 6G를 펌핑하여 이완발진의 레이저 출력을 얻었다. 소광공진기를 구성하여 이완발진의 펄스열로부터 단일펄스를 추출하여 이를 비공선 차체상관기를 제작하여 펄스폭을 측정하였다.

초점거리  $f=150$  mm인 집속렌즈로 펌핑광을 색소셀에 집속하고 집속렌즈의 공간적인 위치를 14 mm까지 이동시켜 공간적인 펌핑폭을 273.0~845.0  $\mu\text{m}$ 까지 변화시킴으로써 여기밀도를  $8.8 \times 10^{23}$  [ $\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ ]~ $2.8 \times 10^{23}$  [ $\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ ]까지 가변시켰다.

펌핑폭 변화에 따른 펄스폭 가변 실험을 수행한 결과 발진 펄스폭이 86~201 ps 사이에서 연속적으로 가변되었다. 따라서 QDL의 펄스폭은 집속렌즈를 연속적으로 이동시켜 색소셀에 조사되는 펌핑폭을 가변 시킴으로써 연속적으로 가변됨을 알 수 있었다.

**참고문헌**

[1] J. C. M. Diels, *Appl. Opt.*, **24**, 1270 (1985).  
 [2] K. Naganuma, *IEEE J. of Quant. Electron.*, **25**, 1225 (1989).  
 [3] R. Trebino, *Opt. Lett.*, **15**, 1079 (1990).  
 [4] J. L. A. Chilla and O. E. Martinez, *IEEE J. of Quant. Electron.*, **27**, 1225 (1991).

[5] T. Kobayashi, *Nonlinear Opt.*, **1**, 91 (1991).  
 [6] Dirk H. Shtter, Isabella D. Jung, et al., *IEEE J. Quant. Electron.*, **4**(2), 169 (1998).  
 [7] A. Baltuska, Z. Wei, M. S. Pshenichnikov, and D. A. Wiersma, *Opt. Lett.*, **22**, 102 (1997).  
 [8] Zs. Bor, *IEEE J. Quant. Electron.*, **16**(5), 517 (1980).  
 [9] S. Szatm ri and F. P. Sch fer, *Appl. phys. B*, **33**, 95 (1984).  
 [10] Zs. Bor and Bela Racz, *Appl. Opt.*, **24**(13), 1990 (1985).  
 [11] Zs. Bor and F. P. Sch fer, *Appl. Phys. B*, **31**, 209 (1983).  
 [12] Shaolin Xue and Qihong Lou, *SPIE* **2778**, 644 (1996)  
 [13] W. Kaiser, *Ultrashort Laser Pulses Generation and Applications*, (Springer-Verlag, New York, 1993) pp. 357-417.  
 [14] Zs. Bor and Alexander Müller, *IEEE J. of Quant. Elect.*, **22**, 1524 (1986).  
 [15] 황선우, 이영주, 김용평, 한국물리학회 가을학술논문발표 논문초록집, **15**(3), 408 (1997).  
 [16] 이영주, 최중운, 이영우, 김용평, 대한전기학회지, **46**, 976 (1997).  
 [17] J. Herrmann, B. Wilhelmi, *Lasers for Ultrashort Light Pulses*, (Akademie-Verlag Berlin & GDR, North-Holland, 1987), pp. 94-107.  
 [18] Anthony E. Siesman, *Lasers*, (University Science Books, Mill Valley, California, 1986), pp. 663-674.  
 [19] Anthony E. Siesman, *Lasers*, (University Science Books, Mill Valley, California, 1986), pp. 955-971.  
 [20] 황선우, 김성훈, 김용평, 이영주, 최중운, 한국물리학회 가을학술논문발표 논문초록집, **16**(2), 441 (1998).

**Continuous pulse width variable quenched dye laser**

Sun-Woo Hwang, Young-Ju Lee and Yong-Pyung Kim  
*Dept. of Electronic Engineering, Kyunghee University, Suwon 449-701, Korea*

Seong-Hoon Kim and Jong-Woon Choi  
*Optics Group, Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon 305-600, Korea*

(Received November 11, 1998, Revised manuscript received March 17, 1999)

We have developed the pulse-width variable Quenched Dye Laser (QDL). QDL consisted of the dye cell of 5 mm length containing a  $2.5 \times 10^{-3}$  [mol/l] solution of Rhodamine 6G and the cylindrical lens with focal length of 150 mm and quenching mirror. QDL system was pumped by a XeCl excimer laser with 150 mJ pulse energy in a 20 ns pulse at 1 Hz repetition rate. Pulse-width of QDL was measured by a noncollinear intensity autocorrelator. The focused thickness was measured by changing the position of the focusing cylindrical lens. Pulse-width of QDL as a function of the focused thickness (273.0  $\mu\text{m}$ ~845.0  $\mu\text{m}$ ) varied continuously from 86 ps to 201 ps.