



KR0000024

KAERI/RR-1841/98

## 어븀 레이저 여기 및 광전송 장치 개발

Development of delivery system and excitation technique  
for Er:YAG laser

한국원자력연구소

31-11

KAERI/RR-1841/98

## 어븀 레이저 여기 및 광전송 장치 개발

Development of delivery system and excitation technique  
for Er:YAG laser

한국원자력연구소

# 제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 “어븀 레이저 여기 및 광전송 장치 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998 년 12월 31일

연구실 (팀) 명 : 원자력광기전기술개발팀

사업(연구)책임자 : 김 광 석

연구 원 : 김 철 중

“ : 김 민 석

# 요 약 문

## I . 제 목

어븀 레이저 여기 및 광전송 장치 개발

## II . 연구의 목적 및 중요성

본 연구는 국내의 경제 환경 급변에 따른 출연연구소의 산업적 기술 개발 요구 증대에 따라 최근 국내의 의료 분야에서 크게 활용도를 넓히고 있는 어븀 레이저의 여기 광전송 장치를 개발하는 것을 목표로 하였다.

최근 연간 수 백억원대로 규모가 커진 의료용 레이저 시장을 외국제품이 100% 점유하고 있으므로, 경제 환경에 비추어 볼 때 물 흡수가 탁월하여 의료시장에서 시장규모가 크게 확대되고 있는 어븀 레이저 개발이 시급한 당면 과제로 대두되고 있다. 본 과제는 그 동안의 원자력 증장기 연구에서 축적한 레이저 개발 경험으로 기술개발의 기반이 마련되어 있으며 기존 장비를 활용한 소규모의 투자로 사업 성공 가능성이 높기 때문에 사업 성공시 산업적 활용을 목표로 한 대형 과제 수탁을 목표로 연구에 착수하였다.

## III . 연구의 내용 및 범위

### - 섬광관을 이용한 광 여기 기술 개발

: 구동 전류 및 압력에 따른 Xe gas의 발광 분광 스펙트럼 최적화 연구

### - 어븀 원소의 광 여기 장치 개발

: 산란형 반사체를 이용한 여기 구조 설계 및 제작

### - 광 에너지 변환 효율 제고 연구

- : 어블 원소의 광 에너지 이득 및 손실 구조 최적화
- 어블 레이저 광(2.94 $\mu$ m) 에너지 전송 연구
- : 인공 다관절을 이용한 광전송 연구

#### IV . 연구결과 및 활용계획

##### 가. 연구개발 결과

##### 레이저 여기 장치 개발

- 산란형 반사체를 활용한 광 여기 실험
- (장치 시제품 1 대 제작)

##### 어블 레이저 출력 실험

- 레이저 광 변환 효율 : 0.4%
- 레이저 출력 에너지 : 500 mJ/pulse

##### 어블 레이저 광 전송 장치

- 다 관절 광 유도장치를 활용한 광전송 실험
- (시제품 1 대 제작)

##### 나. 활용 계획

본 연구에서는 산란형 반사체를 이용한 어블 레이저 여기 및 광전송 장치를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 기초 기술을 활용하여 상품화를 위한 연구성과 확산사업으로 연결하여 상품화 기술로 활용할 예정이다.

## S U M M A R Y

### I. Project Title

Development of delivery system and excitation technique for Er:YAG laser

### II. objectives and Importance of the Project

The purpose of this project is development of the excitation system and optical delivery for Er:YAG laser. The demands for infrared laser which shows a good water absorption have been increased continuously in the field of medical area. Because of its efficient absorption by water, Er:YAG laser is particularly useful for precise localized tissue ablation. Biological tissue has a high water content, and this, in the absence of pigment, largely determines its absorption of light and the Er:YAG laser can be particularly effective in endoscopic microsurgery. However, because silica is only transparent within a spectral range of about 0.2 to 2.3  $\mu\text{m}$ , the Er:YAG laser cannot pass through silica fiber. It has been remained as a hot interest in medical community.

On the basis of technology achieved in previous long term project of laser research, we are trying to optimize the excitation and evaluate optical delivery of Er:YAG laser.

### III. Scope and Contents of the Project

- Development of lamp excitation technique
  - : Optimization research of emission spectrum as a function of electrical current and fill pressure in Xenon flashlamp.
- Development of lamp excitation system
  - : geometrical design and fabrication of difussive reflector.
- Research for high conversion efficiency of lamp light to laser radiation.
  - : Optimization of gain and loss mechanism in Er:YAG laser
- Investigation of optical delivery of Er:YAG laser
  - : Optical delivery with an articulated arm

### IV. Results and Proposal for Applications

#### Results

- Fabrication of excitation chamber ( 1 unit)
- Investigation of laser parameters of Er:YAG laser  
( Laser efficiency : 0.3%, Output Energy : 500mJ/pulse at 300  $\mu$ s pulse width)
- Investigation of optical delivery of Er:YAG laser  
(1 unit of articulated arm)

#### Proposal for Applications

In this project, the basic system of Er:YAG laser has been developed. Therefore, the basic technology from this project will be used in the further advanced research program for medical applications.



## C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction.....	10
Chapter 2. Flashlamp pumping for Er laser .....	12
Section 1. Energy level of Er <sup>+3</sup> in YAG .....	12
Section 2. Spectrum of flashlamp .....	14
Section 3. Flashlamp pumping technique for Er laser.....	16
Chapter 3. Laser output and its beam delivery .....	19
Section 1. Experiment for laser output .....	19
Section 2. Experiment of laser beam delivery .....	20
Chapter 4. Conclusion .....	24
Reference .....	25

## 목 차

제 1 장	서 론	10
제 2 장	섬광관을 이용한 광여기 기술 개발	12
제 1절	어븀 레이저의 에너지 준위	12
제 2절	섬광관의 분광 특성	14
제 3 절	어븀 레이저 광 여기 장치 개발	16
제 3 장	레이저 출력 및 광전송 실험	19
제 1절	레이저 출력 실험	19
제 2절	광전송 실험	20
제 4 장	결 론	24
	참고문헌	25

## 그림 목 차

그림 1-1-1. 물에서의 빛의 흡수대역 .....	10
그림 2-1-1. Er <sup>3+</sup> ion의 에너지 level diagram .....	12
그림 2-2-1. Er:YAG 레이저의 광 흡수 대역 분포 .....	13
그림 2-2-2. 낮은 입력 밀도 (2900 watt/cm <sup>2</sup> )에서의 섬광관 분광 분포 .....	14
그림 2-2-3. 높은 입력 밀도 (23000 watt/cm <sup>2</sup> )에서의 섬광관 분광 분포 .....	15
그림 2-3-1. 산란형 반사체의 반사도 분포 .....	17
그림 2-3-2. 제작된 산란형 반사체 모습 .....	18
그림 2-3-3. 설계 제작된 어블 레이저 광여기 장치 .....	18
그림 3-1-1. Er:YAG 레이저 공진기 구조 .....	19
그림 3-1-2. Er:YAG 레이저 출력 및 효율 .....	19
그림 3-2-1. 사파이어 광섬유의 Er:YAG 레이저 투과 특성 .....	20
그림 3-2-2. 7 관절 광 유도 장치 .....	20
그림 3-2-3. 7 관절 광 유도 장치의 레이저 투과도 .....	22

## 제 1 장 서 론

최근 의료분야에서 고체레이저를 활용하여 여러 질환에 대한 치료기술이 급속도로 개발되고 있으며 점차 그 활용 분야를 넓혀가고 있다. 특히 어블 고체 레이저는 발진파장이 그림 1-1-1 에서 볼 수 있듯이 물의 최대 흡수대역과 정확히 일치하므로 최근 의료분야에서 커다란 관심을 불러 일으키고 있다.[1-2]

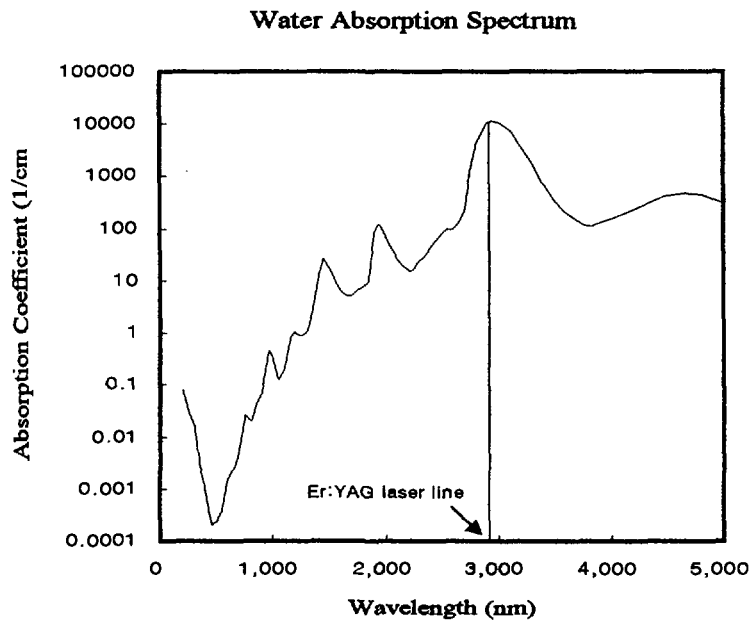


그림 1-1-1. 물에서의 빛의 흡수대역

그림 1-1-1에서 볼 수 있듯이 2.94  $\mu\text{m}$  파장에서 발진하는 Er:YAG 레이저의 경우 흡수계수가  $\alpha=13000 \text{ cm}^{-1}$  정도로 Ho:YAG 레이저(2.1 $\mu\text{m}$ ,  $\alpha=50 \text{ cm}^{-1}$ )나 Nd:YAG 레이저 (1.06 $\mu\text{m}$ ,  $\alpha=1 \text{ cm}^{-1}$ )에 비해 100배에서 10000배 이상 흡수가 탁월하다. 따라서 피부의 국부적인 증발(ablation)에 유리하여 endoscope를 이용한 미세 치료에

효과적이다. 현재 안과, 피부과, 치과등에서 활용분야를 급격히 넓혀가고 있다. 현재 이 Er:YAG 레이저의 활용에 가장 큰 장애 요인은 레이저 빔 전송문제이다. 일반적으로 치료분야에서 사용되는 광섬유의 재질이 0.2 $\mu$ m - 2.3 $\mu$ m 까지만 투과도가 좋은 quartz로 되어 있으므로 2.94 $\mu$ m Er:YAG 레이저는 전송이 불가능하다. 따라서 최근에 ZrF, Sapphire fiber 등을 사용한 전송장치가 등장하고 있으나 강한 레이저 펄스에 취약한 면을 보이거나 전송손실이 거의 30-40% 이상이어서 앞으로 지속적인 연구과제로 남아 있다.

본 연구에서는 위와 같이 활용 잠재력이 큰 Er:YAG 레이저의 여기(excitation) 및 광전송장치를 개발하여 추후 의료분야의 활용을 목적으로 연구를 수행하였다.

## 제 2 장 섬광관을 이용한 광여기 기술 개발

### 제 1 절 어븀 레이저의 에너지 준위

어븀 레이저의 2.94 $\mu\text{m}$  레이저 파장은 그림 2-1-1에서와 같이  $\text{Er}^{3+}$  ion의  ${}^4I_{11/2}$ (상준위)와  ${}^4I_{13/2}$ (하준위) 상태 사이에서의 에너지 전이에 따라 발생한다.

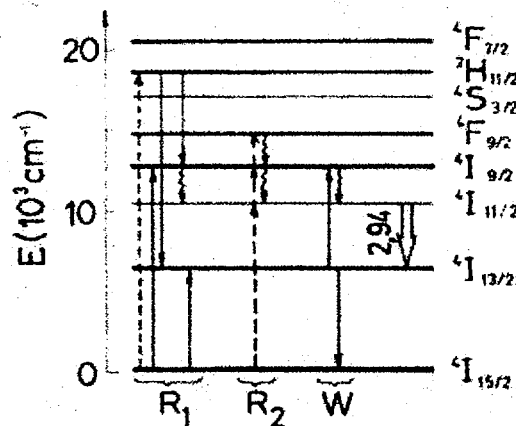


그림 2-1-1.  $\text{Er}^{3+}$  ion의 에너지 level diagram[3]

$\text{Er}:\text{YAG}$  레이저는 에너지 준위상으로 볼 때 4-level 레이저 형태를 띠고 있으나 상준위 수명 (약 0.1 ms)에 비해 하준위 수명(약 2ms)이 매우 길기 때문에 하준위에 분포된 많은  $\text{Er}$  이온이 밀도 반전을 얻기 힘들게 한다. 따라서 매질의 온도가 레이저 발진 문턱을 낮추는데 매우 중요한 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 상준위와 하준위로 여기시키는 과정을 크게 3 가지( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $W$ )로 나누어 설명한다.  $R_1$  여기 과정은 주 여기과정으로 비교적 짧은 ( $\lambda < 550\text{nm}$ ) 여기광원을 이용하여  ${}^4S_{3/2}$  및  ${}^2H_{11/2}$  상태로  $\text{Er}$  이온을 여기시킨다. 높은  $\text{Er}$  농도로  $\text{YAG}$  결정이 doping 되었을 경우 고준위 상태  ${}^4S_{3/2}$  및  ${}^2H_{11/2}$ 에 위치한 이온이  ${}^4I_{9/2}$ 상태로 천이하면서 발생하는 에

에너지가 바닥준위의  ${}^4I_{15/2}$  이온을 들뜨게 하여  ${}^4I_{13/2}$  하준위로 여기시킨다. 한편  ${}^4I_{9/2}$  상태로 천이한 Er 이온은 multiphonon relaxation 과정을 거쳐 상준위  ${}^4I_{11/2}$ 로 천이한다. 따라서 짧은 파장의 빛에 의한 여기는 바닥준위의 Er 이온을 상준위와 하준위에 고루 여기시키는 결과를 초래하기 때문에 밀도 반전에는 크게 기여하지 못한다. R2 여기과정은 바닥준위의 Er 이온을  ${}^4I_{11/2}$ ,  ${}^4I_{9/2}$  및  ${}^4F_{9/2}$  상태로 여기시킨다. 그러나 이러한 에너지 전이에는 약 1.5  $\mu\text{m}$  파장의 빛이 요구되며 설파광관 발광 파장이 주로 UV 및 가시광선 영역이므로 설파광관 여기(excitation)에서는 의미있는 부분이 되지 못한다. 한편 W는 실제적인 밀도 반전을 이루어 주기 때문에 가장 중요한 여기 과정이다. 그림 2-2-1에서 볼 수 있듯이 두개의  ${}^4I_{13/2}$  Er 이온이 서로 작용하여 한 개의  ${}^4I_{15/2}$  Er 이온과 한 개의 들뜬  ${}^4I_{9/2}$  Er 이온을 만들어 낸다. 따라서 긴 수명의 하준위 이온들을 효과적으로 제거하여 밀도 반전을 쉽게 하는데 이러한 것을 "cross-relaxation" 여기 과정이라고 부른다.

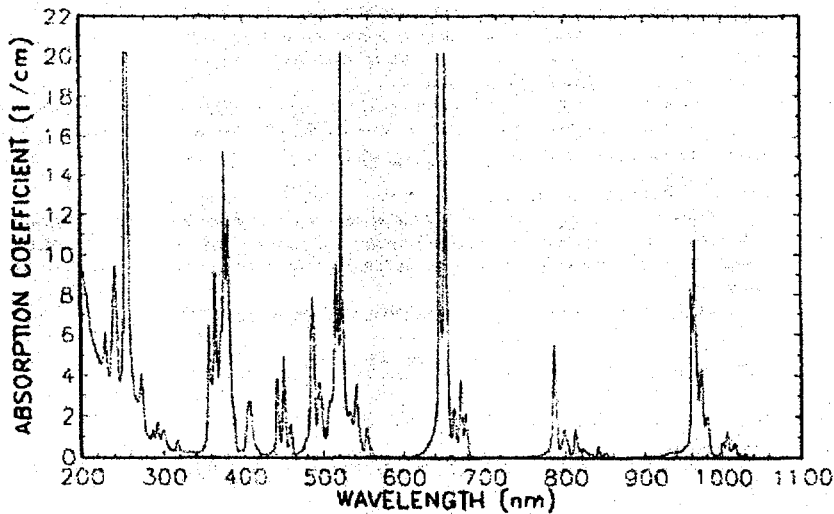


그림 2-2-1 Er:YAG 레이저의 광 흡수 대역 분포

## 제 2 절 섬광관 분광 특성

어븀 레이저를 효과적으로 여기시키기 위해서는 그림 2-2-1과 같은 어븀 원소의 광 흡수 대역과 섬광관의 발광 대역 분포와의 관계를 살펴보아야 한다. 그림 2-2-1에서 볼 수 있듯이 Er:YAG 결정의 주 흡수대역은 여러 파장에 걸쳐 존재하나 앞에서 언급한 바와 마찬가지로 W의 cross-relaxation 여기가 가장 중요하므로 일반적으로 섬광관의 어떠한 파장이 유효하다고 언급하기 어렵다.

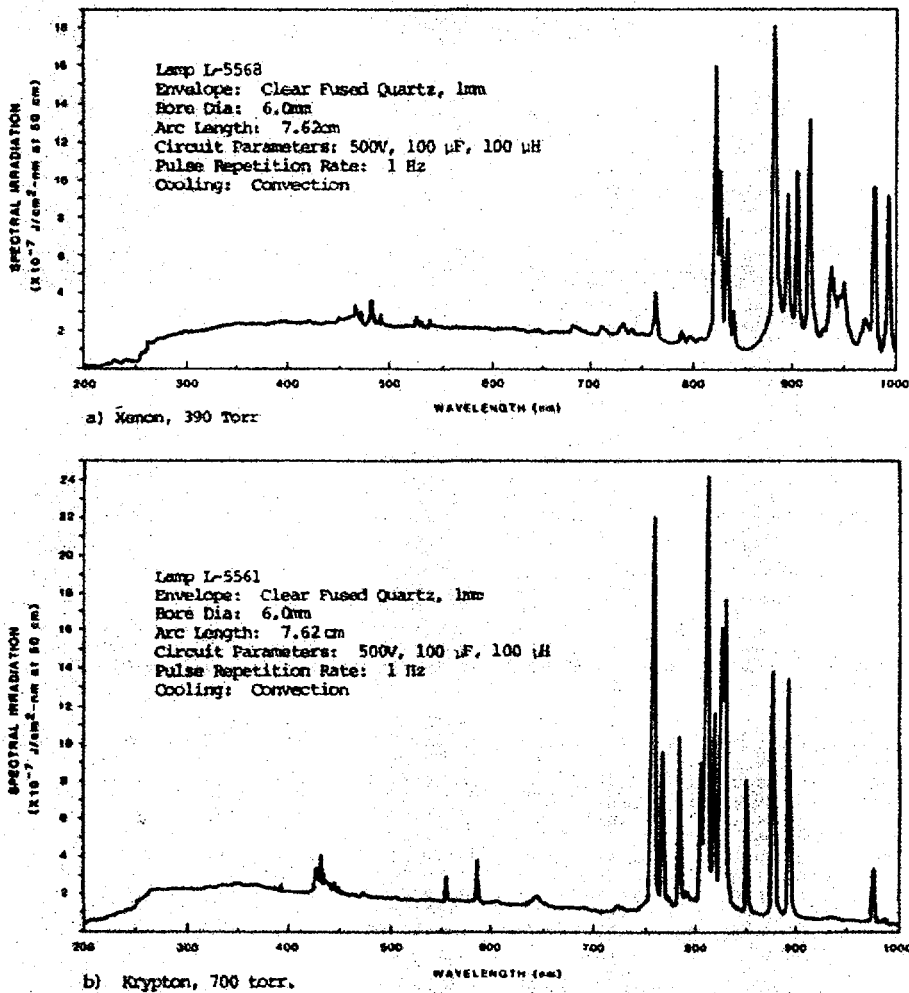


그림 2-2-2. 낮은 입력 밀도 ( $2900 \text{ watt/cm}^2$ )에서의 섬광관 분광 분포



그러나 현재까지 UV의 빛을 내는 섬광관이 상대적으로 효과적인 것으로 알려져 있다.

섬광관은 레이저봉에 에너지를 공급하는 역할을 하므로 레이저의 핵심 부품이다. 섬광관에 가해진 전기적인 에너지는 넓은 파장영역에 걸쳐 빛 에너지로 전환된다. 일반적으로 pulse형 레이저에는 Xe 및 Kr 섬광관이 주로 사용되는데 여러가지 특성을 분광학적 특성, 전기적 특성, 기계적 특성으로 구분하여 기술하였다.

일반적으로 Er:YAG 레이저의 섬광관은 Xe이나 Kr 가스를 사용하는데 낮은 입력 에너지 에서와 높은 입력 에너지에서의 분광 분포가 달라진다. 그림 2-2-2는 낮은 입력 에너지에서의 Xe, Kr 섬광관의 분광분포도 인데 근적외선(near infrared) 파장영역에서 우세한 line들은 bound - bound 전이에 의한 것이다.

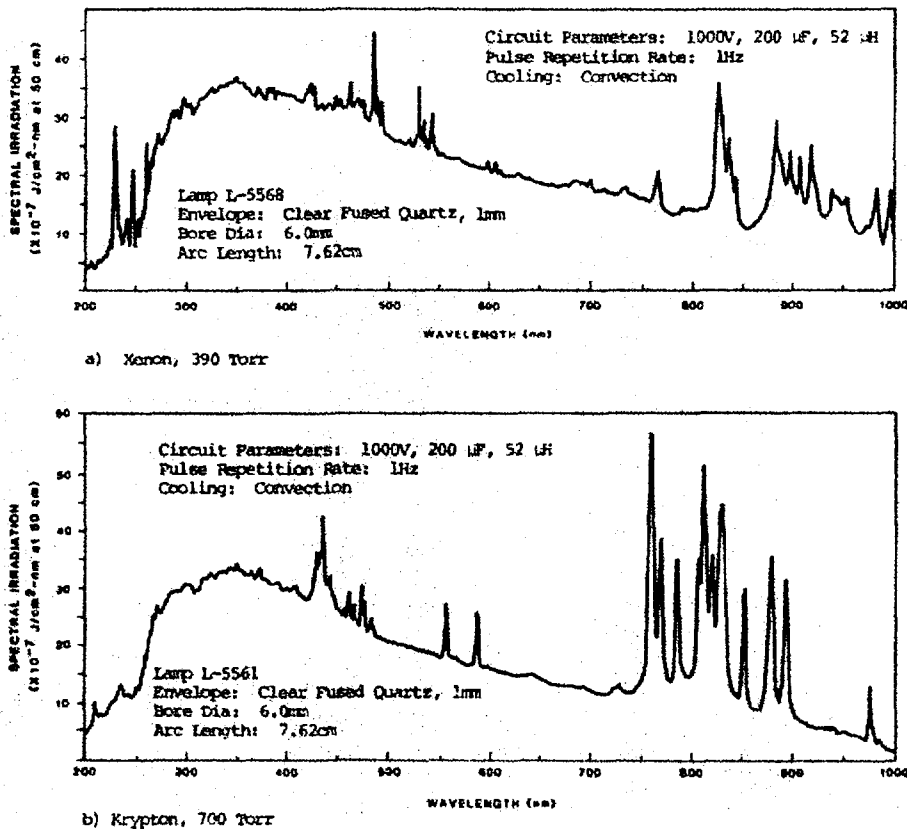


그림 2-2-3. 높은 입력 밀도 ( $23000 \text{ watt/cm}^2$ )에서의 섬광관 분광 분포

한편 그림 2-2-3은 높은 입력에너지 에서의 Xe 및 Kr의 분광 분포를 나타낸 것으로, 보다 짧은 파장 영역에서의 continuum radiation이 우세하고 근적외선 파장 영역에서의 line들이 상대적으로 약화된 것을 볼 수 있다. 자외선 영역의 발광 파장이 Er:YAG 레이저에 상대적으로 효과적이므로 Xe 램프를 사용하는 것이 유리하다. 본 연구에서도 몇가지 종류의 Xe lamp를 사용하여 효과적인 Er:YAG 레이저 여기 실험을 수행하였다.

높은 에너지를 섬광관에 입력시킬 때 전기적 에너지의 빛에너지로의 전체적인 변환 효율은 떨어진다. 그러나 높은 입력에너지에서는 Xe이 Kr에 비하여 Er<sup>3+</sup>의 흡수 영역에서의 빛 에너지로의 변환 효율이 좋은 것으로 나타나 있다. 또한 내부의 가스 압력이 높으면 높을수록 변환효율이 좋으나 가스 압력을 계속해서 높이면 triggering 과 simmer current를 흐르게 하는데 어려움이 있다. 그리고 Xe 가스를 사용할때가 Kr 가스를 사용할 때보다 효율이 좋으며 혼합 가스를 사용할 때보다는 단일 가스를 사용할 때가 더 효율이 좋다. 한편 섬광관의 bore 구경이 커질수록 효율은 떨어지고 pulse의 길이가 줄어들수록 섬광관 벽의 온도를 올리는데 사용되는 에너지가 상대적으로 많아지므로 효율이 떨어지게 된다.

### 제 3 절 어븀 레이저 광 여기 장치 개발

#### 1. 어븀 레이저 광여기 장치 설계 및 제작

##### 가. 반사체 특성

레이저 광여기 효율을 향상시키는데 있어 중요한 또 다른 변수는 섬광관으로부터

터 발광하는 빛을 레이저 결정에 효과적으로 전송시키는 반사체이다. 펄스형 레이저에 사용되는 반사체로는 금속 반사체와 산란형 반사체를 사용하는데 Er:YAG 레이저 결정의 열 전도도가 낮기 때문에 산란형 반사체가 효과적이다. Er:YAG 레이저 결정의 광 흡수 분포가 400nm-1050nm 에 걸쳐 광범위하게 존재하므로 이 파장 영역에서 반사율이 좋은 재료를 사용해야한다. 본 연구에서 사용된 반사체의 그림 2-3-1과 같이 원하는 파장에서 높은 반사율을 가지고 있다.

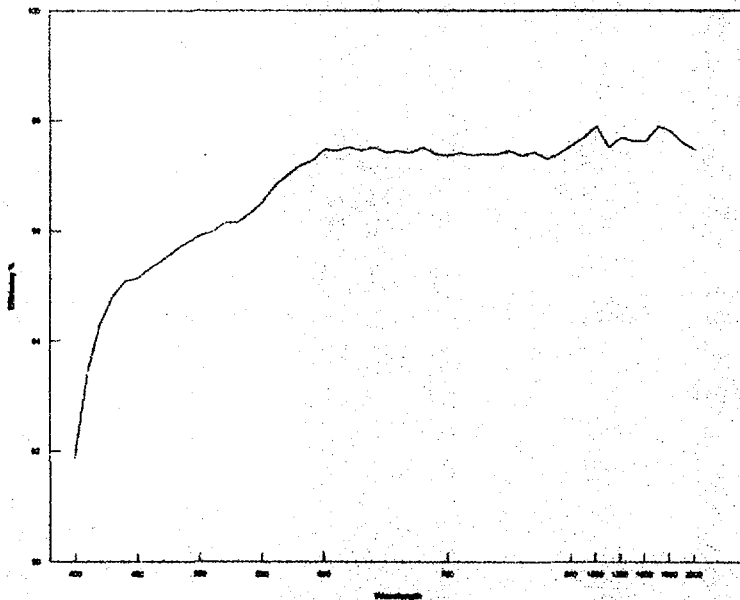


그림 2-3-1. 산란형 반사체의 반사도 분포

#### 나. 반사체 설계 및 제작

펄스형 레이저 반사체는 레이저 결정과 섬광관을 둘러싸고 있다. 본 연구에서는 레이저봉의 크기와 섬광관을 최적화시킨 다음 그림 2-3-2 와 같은 산란형 반사체를 설계 제작하였다.

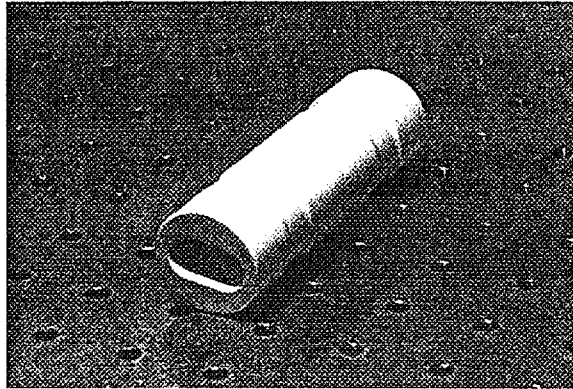


그림 2-3-2 제작된 산란형 반사체 모습

다. End block 설계 및 제작

레이저 결정과 섬광관의 위치를 고정하고 냉각을 하기 위한 endblock을 설계 제작하였다. 냉각수의 유량을 충분히 유지하기 위해 냉각통로를 최대한 크게 유지 하였으며 전기적인 절연을 충분히 유지하기 위해 섬광관의 전기 connector를 절연 효과가 큰 것으로 제작하였다. 그림 2-3-3 은 제작된 endblock을 산란형 반사체에 결합한 모습이다. 실험에 사용하기 위해 rail위에 고정시켰다.

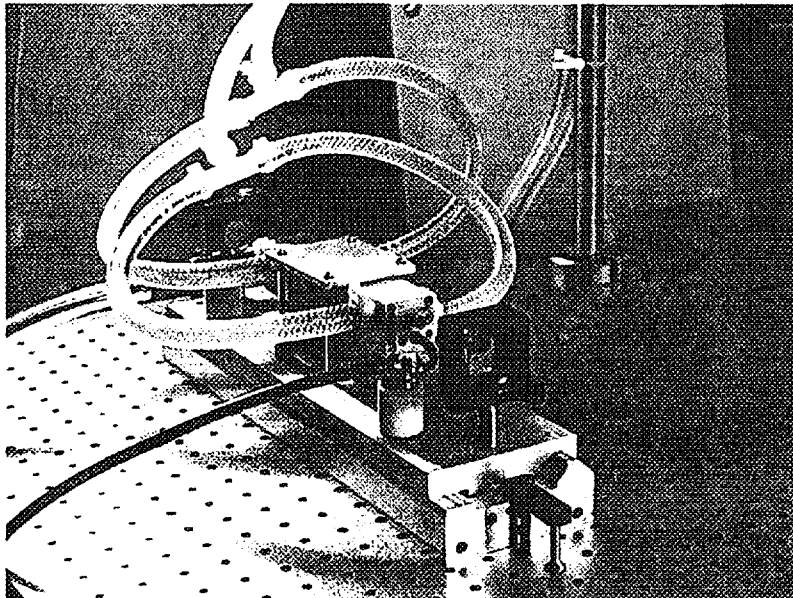


그림 2-3-3 설계 제작된 어블 레이저 광여기 장치

## 제 3 장 레이저 출력 및 광전송 실험

### 제 1 절 레이저 출력 실험

#### 가. 레이저 출력실험

그림 3-1-2 와 같이 간단한 선형 공진기를 구성하여 레이저 출력실험을 수행하였다.

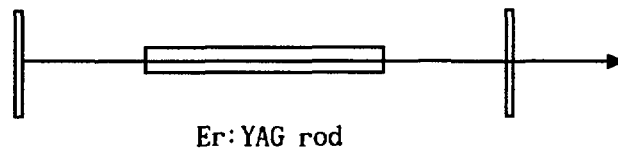


그림 3-1-1 Er:YAG 레이저 공진기 구조

초기에는 레이저 펄스 반복률을 1 Hz 로, 펄스폭은 300usec 로 하고 출력 에너지를 측정하였다. 이 경우 Er:YAG 레이저 결정의 열전도도가 좋지 않기 때문에 어느 정도 열렌즈 효과를 지속시킬 수 있어 오정렬 민감도가 낮은 상태로 동작하는 것을 알 수 있었다. 그림 3-1-3 은 측정된 레이저 출력 에너지와 출력 효율을 plot 한 것이다.

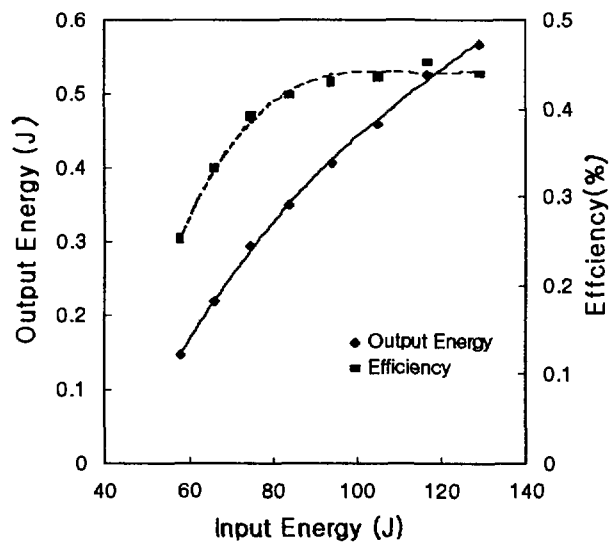


그림 3-1-2 Er:YAG 레이저 출력 및 효율

출력 실험결과 최대 펄스당 에너지는 570 mJ 이었으며 이때의 출력 효율은 약 0.45% 였다. 최대 충전 전압은 600V 였으며 펄스 반복률에 따라 레이저봉에 유도되는 열렌즈 현상이 심하게 변화하는 것을 볼 수 있었으며 넓은 영역에 걸쳐 출력 모드가 안정되는 dynamic stable 공진기를 구성해야 함을 알았다.

## 제 2 절 광전송 실험

### 1. 레이저 전송장치

#### 가. 광섬유 전송장치

Er:YAG 레이저의 파장은 2.94um 이므로 일반적인 약 2.3 um 까지 좋은 투과도를 보이는 quartz로 만들어진 광섬유를 사용하여 광 전송하는 것은 불가능하다. 따라서 특수한 재질로 만들어진 광섬유를 사용하거나 다관절 광 유도 장치를 사용하여 레이저를 전송한다. 특수한 재질로 만들어진 광섬유로는 지르코늄 플루오라이드, 사파이어, chalcogenide[4] 및 silver halide 계열이 있다. 이러한 재질로 만들어진 광섬유의 성능을 결정하는 파라메타는 총 투과도, 손상문턱, 전송할 수 있는 절대 power, 열화도, 가공성등이다.

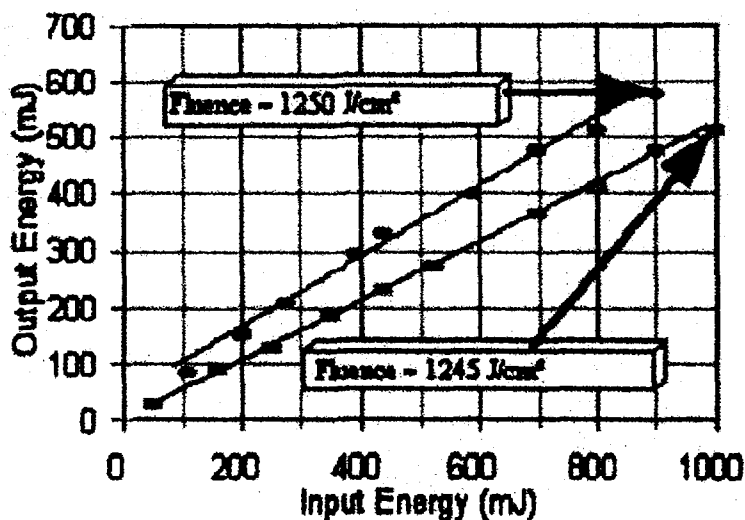
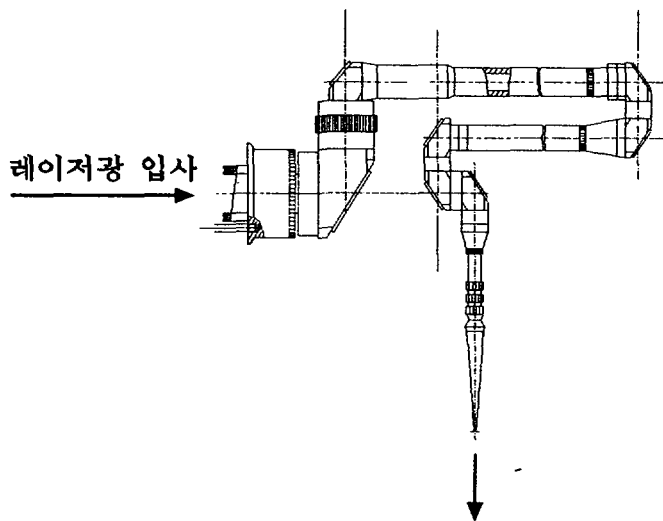


그림 3-2-1 사파이어 광섬유의 Er:YAG 레이저 투과 특성

그러나 아쉽게도 현재까지 이러한 대부분의 파라메타를 동시에 가지는 광섬유는 개발되어 있지 않다. 일부분은 손상문턱이 낮고 또 일부는 가공성이 어려우며, 일부는 투과도가 낮은 경우이다. 한 예로 사파이어 광섬유의 경우 투과도가 단위길이(meter)당 80% 정도밖에 되지 않는다.(그림 3-2-1) 일반적인 길이를 2m 라고 할 때 총 투과도는 60-70% 수준임을 알 수 있다.



레이저 광 출사

그림 3-2-2 7 관절 광 유도 장치

#### 나. 다관절 광 유도장치 (articulated arm)

다관절 광 유도 장치는 거울의 반사를 이용한 것인데 관절마다 반사거울이 부착되어 있다. 다양한 자유도를 갖기 위해서 관절의 수가 5개 이상이며 각 거울의 반사율은 99% 이상이어야 한다. 예를 들어 7개의 관절을 가지고 있을 때 각 거울이

99%의 반사율을 보이면 총 투과도는 93% 정도 된다. 만약 각 거울의 투과도가 95% 정도이면 70% 정도로 총 투과도가 급격히 떨어진다. 따라서 각 관절에 부착된 거울의 반사율이 최고치를 보여주어야 하며 아울러 펄스형 레이저에 의한 손상을 입지 않도록 손상 문턱이 충분히 좋아야 한다. 본 연구에서는 경제적인 면을 고려하여 이 다관절 광 유도 장치를 사용하여 광전송 실험을 수행하였다. 그림 3-2-2는 본 연구에서 사용한 7관절 광 유도장치를 나타낸 그림이다.

7관절 광유도 장치를 이용한 레이저 투과도 실험을 한 결과 그림 3-2-3과 같은 결과를 얻었다. 레이저 출력의 안정도가  $\pm 10\%$  정도로 좋지 않아서 11회씩 출력을 측정하여 다음 평균하여 계산하였다.

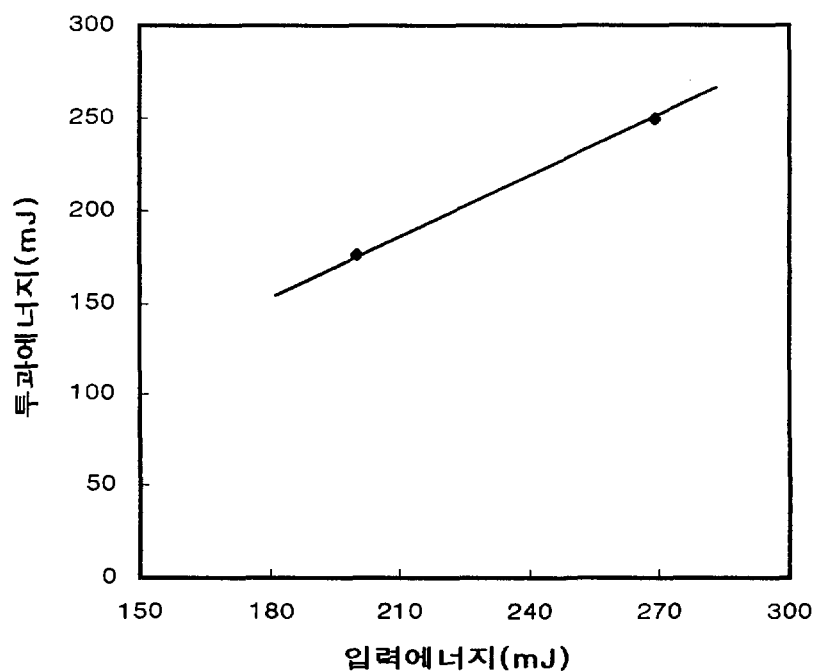


그림 3-2-3 7관절 광 유도 장치의 레이저 투과도



그림 3-2-3 에서 알 수 있듯이 투과도는 약 88%-93% 였다. 단절의 총 길이는 약 1.5M 였고 사파이어 광섬유와 비교하여 평가 해볼 때 너 나은 투과 특성을 보여주고 있다. 한편 이 수치를 이용하여 각각의 관절에 부착된 거울 한 개의 반사도를 계산하면 92.7%, 95.8% 임을 알 수 있다.

## 제 4 장 결 론

어븀 레이저 여기 및 광전송장치를 개발하였다. 산란형 반사체를 설계하고 이에 맞추어 레이저 결정과 섬광관을 지지할 수 있는 Endblock을 설계 제작하였다. 레이저 결정의 광 흡수 분광분포와 섬광관의 압력과 전류밀도에 따른 발광 분포를 조사하여 본 실험에 사용된 산란형 반사체와 레이저 결정의 냉각 jacket의 재질을 고려하여 효과적이라고 판단되는 압력과 재질의 Xenon 섬광관을 선택하였다. 아울러 레이저 결정의 이득을 고려한 출력경의 반사율을 결정하여 사용하였다. 본 실험에서 사용된 전원장치의 최고 충전전압이 600 volt 였으므로 최대 600 volt까지 충전전압을 올려 실험하였다. 한편 섬광관의 펄스폭은 약 350usec 정도로 하였으며 출력 실험 결과 최대 570mJ의 출력 에너지를 얻었다. 이는 약 0.4%의 출력 효율에 해당하는 수치이며 외국의 일반적인 상업용 제품의 출력효율이 약 1% 정도이므로 본 실험이 개선의 여지가 있음을 보여 주고 있다. 최적의 레이저 여기에 필요한 분광분석 연구가 더 필요하며, 최적의 추출효율을 얻기 위해 다양한 출력경을 이용한 출력 실험이 보강되어야 할 것으로 판단되었다.

한편 2.94 $\mu$ m 레이저의 광전송 실험을 7 관절 광유도 장치를 사용하여 수행하였다. 총 연장 1.5m의 광전송 경로에서 7 번의 반사를 한 후 측정된 투과도는 88%-93% 였다. 이러한 수치는 비교적 양호한 결과이며 앞으로 필요한 부분은 높은 손상 문턱을 가지는 저렴한 반사 거울에 대한 연구이다.

## 참고문헌

- [1] Iain D. Miller, The Erbium laser Gains a Role in Cosmetic Surgery,  
Biophotonics International, May/June, p38 (1997).
- [2] Klaus vogler and Max Rein, Improved Erbium laser Parameters,  
Biophotonics International, Nov./Dec., p40 (1996).
- [3] M.Lukac, S. cencic, and K. Nemes, Influence of direc and cross-relaxation  
pumping processes on the output energy and thermal load of an Er:YAG  
laser, Appl. Opt. 32, No. 36, 7399 (1993).
- [4] Q.G. Antipenko, et. al., Use of a Er:YAG laser with a chalcogenide fiber  
waveguide in laser surgery, Quant. Electr. 25 (5), 498 (1995).

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관 보고서번호	표준 보고서번호	INIS주제 코드
KAERI/RR-1841/98			
제목/부제	어븀 레이저 여기 및 광전송 장치 개발		
연구책임자 및 부서명	김 광 석 (원자력광기전기술개발팀)		
연구자 및 부서명	김철중(원자력광기전기술개발팀) 김민석(원자력광기전기술개발팀)		
발행지	대전	발행기관	한국원자력연구소
페이지	25 P.	도표	유(0), 무( )
참고사항	'98 연도 기관고유 과제		
비밀여부	공개(0), 대외비( ), _ _급비밀	보고서종류	연구보고서
연구위탁기관	과학기술부	계약번호	
초록(300단어 내외)	<p>최근 의료분야에서 활발히 이용되고 있는 어븀 레이저의 여기 및 광전송 장치를 개발하였다. 섬광관의 분광 분포와 레이저 매질의 광 흡수 분포를 고려하여 광 여기 장치를 설계하였으며 다 관절 광 유도 장치를 활용하여 레이저 빔 전송 실험을 수행하였다.</p>		
주제명 키워드(10단어 내외)	레이저, 어븀, 광 전송, 분광, 섬광관		

## BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/ RR-184/98			
Title/Subtitle	Development of delivery system and excitation technique for Er:YAG laser		
Project Manager and Dept.	Kwang-Suk Kim (Opto-mechatronics team)		
Researcher and Dept.	Cheol-Jung Kim(Opto-mechatronics team) Min-Suk Kim(Opto-mechatronics team)		
Pub. Place	Taejon	Pub. Org.	KAERI
Page	25	P. Ill. and Tab.	Yes(0 ), No( )
Note	'98 Basic Research Project		
Classified	Open(0 ), Outside( ), - _Class	Report Type	Research Report
Sponsoring Org.	Ministry of Science and Technology	Contract No.	
Abstract(About 300 words)	<p>The demands for infrared laser which shows a good water absorption have been increased continuously in the field of medical area. The purpose of this project is development of the excitation system and optical delivery for Er:YAG laser. Therefore, we are trying to optimize the excitation spectrum of flashlamp to match the absorption spectrum of laser material well. More than 500mJ of pulse energy has been obtained with an excitation diffusive chamber. We investigated several parameters of laser transmission with 7 knuckles articulated arm.</p>		
Subject Keywords(About 10 words)	laser, excitation, spectrum, flashlamp, infrared		