

## 치과 및 피부과용 30W급 Er:YAG 레이저 설계 및 구현

김 휘 영 \*, 신 경 애 \*  
동주대학 컴퓨터정보통신계열 \*  
전화 : 051-200-3449 / 핸드폰 : 011-860-0659

A Design and Implementation of 30w class Er:YAG laser adopted skin and dental clinic.

Whi-Young kim, Kyung-Ae Shin  
Dept. of Computer Information& Communication, DongJu College  
E-mail : ndyag@dongju.ac.kr & ndyag@hanmail.net

Abstract -For general laser power supply, the secondary of the power transformer is connected to the rectifier and filter capacitor. The output of a rectifier is applied to a switching element in the secondary of the transformer. So the power supply is complicated and the loss of switching is considerably. In addition, according to increasing pulse repetition, charged energy of energy-storage capacitor is not transferred sufficiently to flashlamp, and laser output efficiency decreases.

In this paper, to improve laser efficiency, we designed and fabricated the power supply in which the SCR was turned on in zero point by the methods of ZCC(zero crossing control), PFN(pulse forming network) in result, laser output efficiency increased by hte 4% other than conventional supply, when a repetition rate was increased by the 10[pps], In 20(pps), efficiency was increased by about 8%

### 1. 서 론

Er:YAG 레이저는 발진파장이 2.94 $\mu$ m의 근적외 영역의 레이저로서 수분의 광흡수파장대의 피크치와 일치하고 있으며, 기존의 CO2 레이저나 Nd:YAG 레이저는 수술시에 탄화층이 형성되는 특성이 있으나 Er:YAG 레이저는 탄화층이 아닌 아밀로이드상의 변성이 초래되므로 치석제거에도

탁월한 효과를 보이고 있다.

그리고 1999년 초에 미국의 하바드 의학교실과 메사추세츠 종합병원에서는 주름살제거 기술에 Er:YAG 레이저를 적용해 본 결과, 기존의 CO2 레이저보다 훨씬 더 많은 장점을 보이는 것으로 밝히고 있다. 레이저 기술은 통증과 부종이 심하지 않고, 수술시 출혈이 없어 수술시야 범위가 좋으며, 레이저 자체의 살균력이 있으므로 치료후의 감염이 적은 것이 특징이다. 레이저 치료시의 중요한 포인트는 레이저빔의 출력파워를 사용하고 자 하는 용량보다 조금 못 미치는 파워로 치료부위에 조사시켜 치료를 하고, 이 것으로 안 될 때에는 다시 조금씩 파워를 높혀 가며 치료하는 것이 기본적인 스텝이며, 효과적인 치료의 지름길이다. 즉, 사용할 의사가 레이저 출력을 보다 간편하게 조절할 수 있도록 개발하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 발생하는 레이저빔을 펄스화 시켜, 펄스의 반복 및 펄스폭 등을 보다 쉽게 제어할 수 있도록 해야 할 것이다.

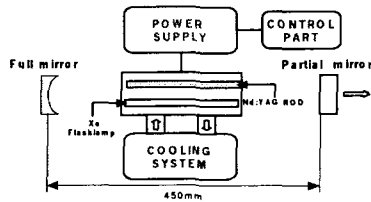
기존의 스위칭 전원은 변압기 2차측에 저울부, 평활용 콘덴서, 전류제한용 저항, 스위칭소자(SCR)를 자연전류(self-commutation)시키기 위한 인덕턴스 등이 필수적으로 포함되어 있으며, 이렇게 얻어진 직류전압의 후단부를 스위칭하게 되므로 전원장치가 복잡하고, 전압강하에 의한 손실이 크다. 또한 스위칭에 의한 손실이 크고, 펄스반복율(pulse repetition rate)이 증가할수록 콘덴서에 저장된 에너지가 램프로 충분히 전달되지 못하여 레이저 출력 효율이 저감되는 단점이 있다. 이러

한 점을 보완하기 위한 방법으로 변압기 2차측을 PWM(pulse width modulation)제어하는 방식과 ZVS(zero voltage switching) 및 ZCS(zero current switching)방식 등이 사용되고 있다. 하지만 이러한 방식도 정류부 및 평활용 콘덴서가 필수적이므로 전원장치가 복잡하며, 60pps(pulse per second)에서는 손실이 크고, 고가라는 단점이 있다. 따라서 현재 치과, 피부과용 등에 사용되고 있는 레이저는 펄스반복율이 60pps 이하이기 때문에 위와 같은 방식은 적합하지 않다.

본 연구에서는 정류부 및 평활용 콘덴서를 사용하지 않고, 교류전압의 영점(zero point)을 ZCC(zero network)방식으로 검출하여 변압기 2차측의 교류전압의 영점에서 SCR을 턴-온(turn-on)시킴으로써 스위칭에 의한 손실 및 전압강하 손실을 줄일 수 있는 성능이 우수한 레이저 전원장치를 소개하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 레이저 시스템



전반사거울(곡률반경 : 2m, 반사율 : 99.5%)  
 출력거울(곡률반경 : ∞, 반사율 : 85%)  
 Nd:YAG 로드(도핑율 : 1.1%, 길이 : 76.2mm, 반경 : 6mm)  
 Xe 플래시램프 : (방전길이 : 76.2mm, 반경 : 6mm)

그림 1. 레이저 시스템 개략도  
 Fig. 1 The schematic diagram of laser system

그림 1은 Er:YAG 레이저 시스템의 구성도를 나타낸다. 레이저 시스템은 레이저 발진기와 냉각장치 및 전원회로 등으로 구성된다. 레이저 발진기는 중앙에 단일타원형 구조의 레이저 헤드와 있고, 그 양가에 레이저 발진을 유도하기 위한 두 개의 거울, 즉 전반사경(반사율 99.5% 이상, 곡률반경 2m인 오목거울) 및 부분 반사경(반사율 80%의 평면거울)으로 구성하였다. 냉각장치(DRS-160A)는 냉각효율을 증대하고자 수냉식을 사용하여 로드(Rod), 램프, 레이저 헤드를 냉각시

키므로 안정된 레이저 동작을 유지하도록 하였다.

### 2.2 레이저 전원장치 및 제어부

#### 2.2.1 ZCC 및 PFN를 이용한 펄스형 전원장치

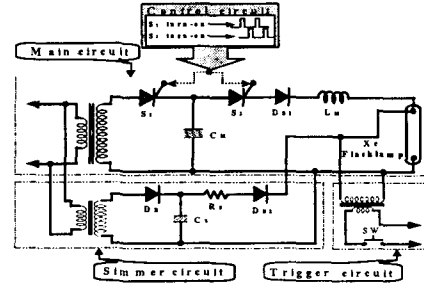


그림 2. 레이저전원장치 및 제어부

Fig. 2 Laser power supply and controller

그림 2는 변압기 2차측 교류 전압이 영점에서 SCR1이 턴-온(turn-on)되어 PFN(pulse forming network)회로의 콘덴서(C1, C2, C3)에 에너지를 충전하므로 전압강하에 의한 손실 및 스위칭에 의한 손실을 줄일 수 있고, 서지전류(surge current)를 제한할 수 있는 간단한 방식의 회로이다. 동작원리는 다음과 같다.

1. 시머회로(simmer circuit)로 플래시램프의 양단에 직류 1kV를 가한 후 트리거회로(trigger circuit)의 스위칭(SW)를 턴-온(turn-on)하면 플래시램프의 양단에 예비방전인 스트리머 방전(streamer discharge)이 유기된다.
2. SCR1이 턴-온(turn-on)되어 콘덴서에 에너지를 충전된다.
3. SCR1이 턴-오프(turn-off) → SCR2가 턴-온되어 콘덴서에 충전된 에너지를 플래시램프에 전달하는 [First-charge and Last discharge] 방식으로 동작한다.

#### 2.2.2 Microprocessor 이용한 제어부

그림 3은 영점(zero point) 검출부 및 SCR 제어부의 개략도를 나타낸다. 먼저 변압기 1차측 220[V]를 9[V]로 강압한 교류입력전압의 영점(zero point)을 ZCC(zero crossing control)시스템이 검출하여 PIC 원-칩 마이크로프로세서(one-chip microprocessor)로 전송하면, PIC가 이 신호를 감지하여 교류전압의 영점에서 5V의 구형파를 증폭기로 보낸다. 이 증폭기는 게이트 프리저펄스가 각 SCR의 턴-오프(turn-off)시간에 미

### 치과 및 피부과용 30W급 Er:YAG 레이저 설계 및 구현

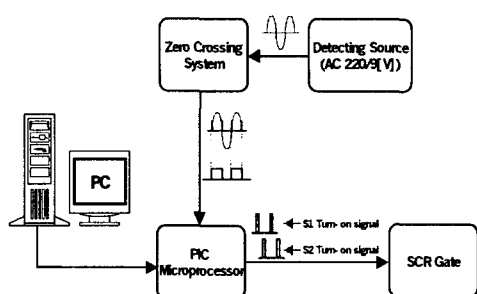


그림 3. 영점(zero) 검출부 및 SCR 제어부의 개략도

Fig. 3 The schematic diagram of zero detect and SCR control part

치는 영향을 최소로 줄임과 동시에 스위칭에 의한 손실을 줄이기 위하여 구형파인 모든 게이트 프리저펄스를 미분회로를 거쳐 펄스폭이 좁은 파형으로 변환시킨다. 이렇게 변환된 펄스폭이 좁은 파형이 각 SCR 게이트 구동전류로는 미약하기 때문에 고속 스위칭용 트랜지스터로 전류 및 전압전류 및 전압을 증폭시켜 SCR1과 SCR2를 순차적으로 턴-온하게 된다.

#### 2.3 실험결과

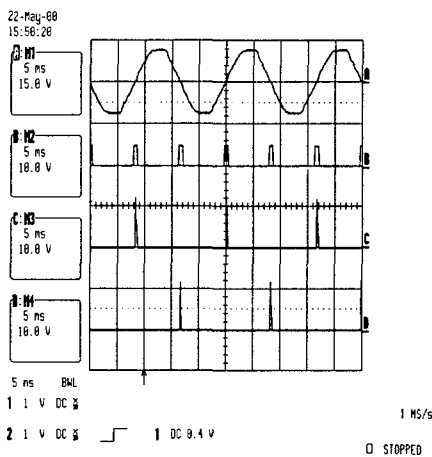


그림 4. 영점 검출신호 및 SCR 게이트 턴온 신호

Fig. 4 Zero detect and SCR gate turn-on signal

그림 4는 영점 검출 파형 및 SCR 게이트 턴-온 파형을 나타낸다. A파형은 변압기 1차측 전압

을 9V로 강압한 기준전압 파형이고, B파형은 기준전압의 영점을 검출한 파형이다. 영점 검출 파형인 B파형이 마이크로프로세서에 전송되면 C,D 파형은 증폭기를 통하여 지연시간 양 8.4ms 간격으로 순차적으로 SCR를 턴-온(turn-on) 하게 된다.

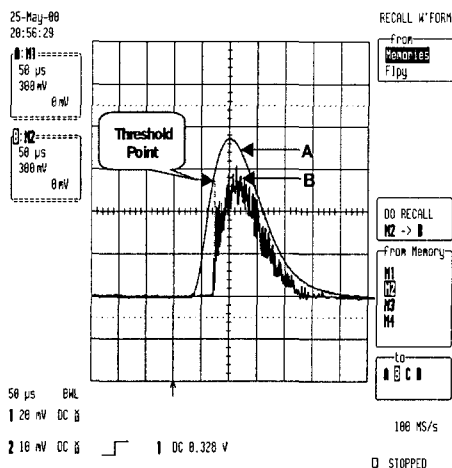


그림 5. 펄스반복율 1pps일때의 플래쉬램프의 전류파형 및 레이저 빔 프로파일

Fig. 5 A current waveform of flashlamp and laser beam profile at the puls repetition rate of 1(pps)

그림 5는 콘덴서 충전전압 약 1000[V], 펄스반복율 1pps일때의 플래쉬램프의 전류파형 및 레이저 빔 프로파일(laser beam profile)을 나타낸다. 플래쉬램프의 전류파형은 Current transformer(감도 0.001 [V/A]의 pearson Electronics Co.)로 측정하였고, 레이저빔 프로파일은 APD(Model : Hamamatsu C5331) 로 측정하였다. 플래쉬램프의 상승시간(rising time)약 70% 지점에서 문턱치(threshold)에 도달하였다. 이때의 전류 및 프로파일 파형의 FWHM(full width at half maximum)은 500 $\mu$ s로 거의 동일하다.

그림 6은 펄스반복율 20pps까지 플래쉬램프의 전류파형이 임계제동(critical damping)에 가까운 동작을 보이므로 램프에 손상을 주지 않으며, 안정된 출력특성을 보인다.

그림 7은 전기 입력에너지 150[J]을 인가했을 경우 펄스반복율에 따른 레이저 출력 특성을 나타낸다. 1[pps]일 경우 일반적인 Er:YAG 레이저 경우 효율이 약 0.1[%]인 반면 본 연구에서는 효

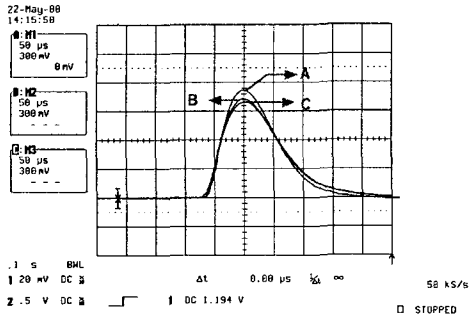


그림 6. 펄스반복율 1, 30, 60[pps] 일때의 플래시램프의 전류파형

Fig. 6 A current waveforms of flashlam the pulse repetition rate 1, 30, 60[p

율이 0.5%에 달하는 고효율을 나타내었으며, 그때의 최대 출력은 750[mJ]이었다. 그리고 펄스 반복율 20[pps]에서는 최대출력 약 14[W]를 나타내었다.

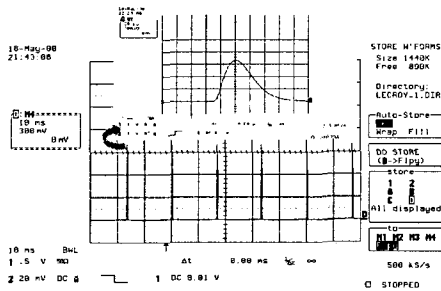


그림 7. 펄스반복율 60[pps]일 때의 플래시램프의 전류파형

Fig.7 A current waveform of flashla at the pulserepetition rate 60[pp

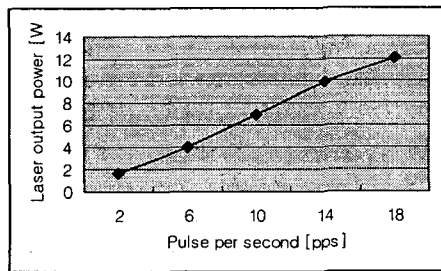


그림 8. 펄스반복율에 따른 레이저출력특성

Fig.8 the characteristics of laser output vs. pulse repetition rate

### 3. 결 론

본 연구에서는 교류전압의 영점(zero point)에서 SCR을 턴-온(turn-on)시키는 ZCC(zero crossing control)방식과 서지전류(surge current)를 제한 할 수 있는 PFN(pulse forming network)방식의 펄스형 레이저 전원장치를 설계 및 제작하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 2차측 교류전압의 영점에서 SCR을 턴-온시킴으로서 스위칭에 의한 손실을 줄일 수 있었고, PFN방식의 도입으로 안정된 출력 특성을 얻을 수 있었다. 그리고 평활용 콘덴서 및 정류부를 생략하므로써 전원장치의 단순화 및 저가격화를 실현하였다.

(2) 펄스 반복율 20pps까지 플래시램프의 전류파형이 임계제동(critical damping)에 가까운 동작을 보이므로 램프에 손상을 주지 않으며, 안정된 출력특성을 보였다.

(3) 펄스반복율이 1[pps] 일 때 일반적인 Er:YAG 레이저 경우 효율이 약 0.1[%]인 반면 본 연구에서는 효율이 0.5%에 달하는 고효율이 나타내었으며, 그때의 최대 출력은 750[mJ]이었다. 그리고 펄스 반복율 20[pps]에서는 최대 출력 약 14[W]를 나타내었다

### [참고문헌]

[1] 김휘영외 2인 "SMPS 방식의 고반복 펄스형 CO<sub>2</sub> 레이저의 출력특성 최적화, pp.2192-2194, 1999.07, 대한전기학회

[2] 김휘영외 2인 "두펄스 증침에 따른 펄스형상과 레이저 출력과의 상관관계" 제 54집, pp 63-69, 1998년 6월 부산대학교 생산기술연구소 논문집

[3] 김휘영외 2인 "컴팩트 루비레이저의 동작특성에 대한 연구" 제 55집, pp 143-148, 1998년 12월 부산대학교 생산기술연구소 논문집

[4] 김휘영외 4인 "다단메쉬 PFN방식 펄스형 Nd:YAG 레이저의 출력특성 비교, 대한전기학회논문집, 제47권, 제5호, pp.685-690, 1998.3.20 대한전기학회 ( 1998 ).

[5] 田幸敏治 外 7人, "レーザーハンドブック", 朝倉書店, pp. 691-703, (1982).

[6] Orazio Svelto, "Principles of Lasers", Plenum Press, New York, Chap. 9, (1982).