

## ZCC 방식을 적용한 펄스형 Nd:YAG 레이저의

### 효율개선에 관한 연구

## A study on the improved efficiency of pulsed Nd:YAG laser adopted ZCC Method

홍정환, 문동성, 정종한, 김휘영\*, 강육\*\*, 김희제

부산대학교 전기공학과, \*동주대학 컴퓨터정보통신학과, \*\*한국전기연구소

laserq@hanmail.net

가공용 레이저로는 CO<sub>2</sub>, 루비, Nd:YAG, 아르곤 이온 레이저 등이 이용되고 있으며, 이중 펄스형 Nd:YAG 레이저는 CO<sub>2</sub> 레이저와 함께 레이저 가공에 널리 사용되는 고체 레이저로서 마킹(making), 트리밍(trimming), 리페어링(repairing) 등의 정밀 가공 분야에서 많은 실용화가 이루어져 왔다.<sup>(1)</sup>

CO<sub>2</sub> 레이저의 경우 매질가스로 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, He 등을 사용해야하므로 취급 및 유지보수가 불편하지만, 열전도율이 높고, 기계적 광학적으로 안정된 Nd:YAG 레이저는 램프에 의한 광 여기 방식이므로 유지보수가 쉽다. 또한 광 출력의 제어가 용이하며, 광파이버에 의한 빔 전송이 가능하여 산업기술 및 의료 분야에서의 적용이 더욱 더 확대되고 있다.<sup>(2)</sup>

펄스형 Nd:YAG 레이저 시스템의 효율개선을 위해서는 공진기 및 레이저 전원장치의 효율개선이 필수적이다. 현재 가공용 및 의료용 레이저 공진기는 주로 페브리페로 공진기 형태를 취하고 있으며 광학적으로 안정된 출력 특성을 보이고 있다. 하지만 레이저 전원장치는 아직 개선되어야 할 부분이 많다.<sup>(3)</sup>

기존의 스위칭 전원은 변압기 2차측에 정류부 및 평활용 콘덴서가 필수적으로 포함되어 있으며, 이렇게 얻어진 직류전압의 후단부를 스위칭하게 되므로 전원장치가 복잡하다. 또한 스위칭에 의한 손실이 크고, 펄스반복율(pulse repetition rate)이 증가할수록 콘덴서에 저장된 에너지가 램프로 충분히 전달되지 못하여 레이저 출력 효율이 저감되는 단점이 있다. 이러한 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 복잡하고, 고가라는 단점이 있다.<sup>(4, 5)</sup>

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

본 연구에서는 교류전압의 ZERO점에서 SCR을 턴-온(turn-on)시키는 ZCC(zero crossing control)방식의 펄스형 레이저 전원장치를 설계 및 제작하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 2차측 교류전압의 영점(ZERO)에서 SCR을 턴-온(turn-on)시킴으로서 스위칭에 의한 손실을 줄일 수 있었고, 평활용 콘덴서 및 정류부를 생략함으로써 전원장치의 단순화 및 저 가격화를 실현하였다.

(2) 펄스반복율 60pps까지 플래쉬램프의 전류파형이 임계제동(critical damping)에 가까운 동작을 보이므로 램프에 손상을 주지 않으며, 안정된 출력특성을 보였다.

(3) 평활용 콘덴서 및 정류부가 포함된 SCADC 방식의 경우 60pps에서 최대 레이저 출력 약 11W인 반면 새로운 방식인 ZCC 방식은 15W를 얻었다. 따라서 ZCC방식이 기존의 방식보다 효율이 약 20% 상승하였다.

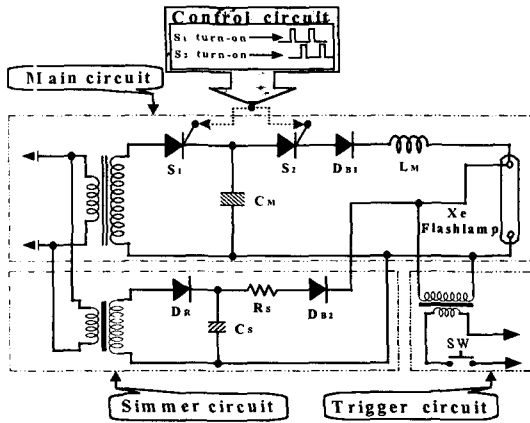


그림 1 ZCC 방식의 레이저 전원회로

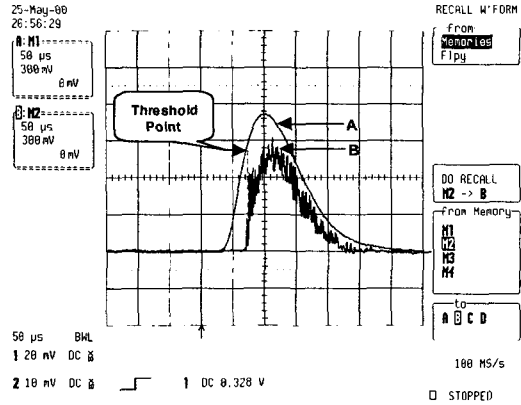


그림 2 펄스반복율 1pps일때의 플래쉬램프의 전류파형 및 레이저 빔 프로파일

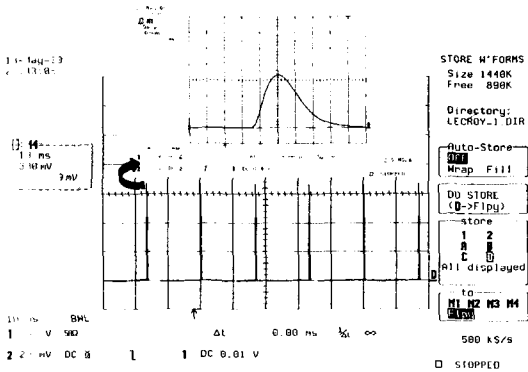


그림 3 펄스반복율 60[pps]일 때의 플래쉬램프의 전류파형

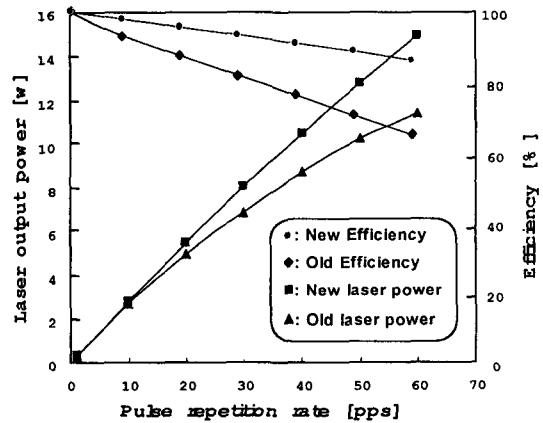


그림 4 펄스반복율에 따른 레이저 출력특성

1. Yasutomo Fujimori, "Laser Material Processing in Electric Industries", Proceeding of Lamp '92, Nagaoka, 981-986, (1992).
2. A. L. Petrov et al. "New Advances in Industry Application of YAG Pulse Lasers", Proceeding of Lamp '92, Nagaoka, 993-997, (1992).
3. Daniel W. Hart, "Introduction to Power electronics", Prentice Hall, Inc. 162-182, 185-230, 291-333, 338-375, (1997).
4. Hee-Je Kim, et al., "The development of a high repetitive and high power Nd:YAG laser by using a zero-current switching resonant converter", Optics & Laser Technology 30, 199-203, (1998).
5. Jung-Hwan Hong, et al, "A new proposal of high repetitive Nd:YAG laser power supply adopted the sequential charge and discharge circuit", Optics & Laser Technology 31, 397-400, (1999).