

중첩회로를 적용한 펄스형 Nd:YAG 레이저의 2차 SHG 변환효율에 관한 특성연구

김 휘 영 *, 박 두 열 *
동주대학 컴퓨터정보통신계열 *
전화 : 051-200-3449 / 핸드폰 : 011-860-0659

A study on the Second-Harmonic Generation(SHG) Conversion Characteristics of Nd:YAG Laser adopted Differential Superposition Mesh

Whi-Young kim, Doo -Yul Park
Dept. of Computer Information& Communication, DongJu College
E-mail : ndyag@dongju.ac.kr

Abstract

A pulsed Nd:YAG laser is used widely for materials processing and medical instrument. It's very important to control the laser energy density in those fields using a pulsed Nd:YAG laser. A pulse repetition rate and a pulse width are regarded as the most dominant factors to control the energy density of laser beam. In this paper, the alternating charge and discharge system was designed to adjust a pulse repetition rate. This system is controlled by microprocessor and allows to replace an expensive condenser for high frequency to cheap one for low frequency. In addition, The microcontroller monitors the flow of cooling water, short circuit, and miss firing and so on. We designed Nd:YAG laser firmware with smart microcontroller, and want to explain general matters about the firmware from now.

1. 서 론

최근 레이저를 이용한 응용분야는 재료가공, 산업계측, 의료용 기기 등의 다양한 분야에서 각광을 받고 있다. 그리고 레이저의 출력 측에 비선형 광학 재료를 설치하여 넓은 대역의 파장을 가진 레이저광을 얻을 수 있게 되어 보다 응용범위가 확대되고 있다. [1,2,3] 특히, 레이저광에 의한 가공은 비접촉식이고, 스폿 크기(spot size)가 아주 작으므로 미세한 가공을 할 수 있다. 그리고 레이저광에 의한 계측은 종래의 계측기

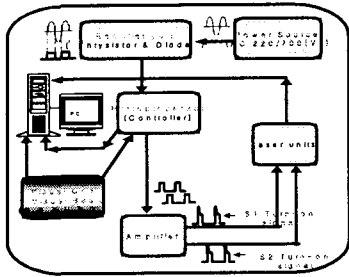
로 측정할 수 없는 범위까지 측정할 수 있으므로 과학 기술의 발달에 크게 기여하고 있다.[2] 레이저 가공에 있어서는 가공재질에 따라 같은 입력에너지가 인가되더라도, 열-물리적 상호작용의 관계로 인해 레이저광의 펄스형상이 가공성능에 크게 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다.[3]

또한, 산업계측 및 의료용 기기 등에는 주로 파장가변 레이저가 주로 사용된다. 종래의 파장가변 레이저인 액체 레이저는 수명이 짧고, 비교적 대형이므로 의료용 기기, 광정보처리 디스플레이, 광 계측 분야에 사용하기에 부적합하다. 그러나 최근에 소형, 장수명인 고체 레이저(주로 Nd:YAG 레이저)의 출력측에 비선형 광학 결정을 설치하여 가시광에서 자외선까지 넓은 대역의 파장을 가진 레이저광을 얻을 수 있게 되었다.[5]

비선형 광학 결정인 KDP, LAP 등은 아주 큰 크기까지 성장시킬 수 있어 대형 레이저 시스템에 이용되고 있고, BBO, LBP 등은 고출력, 고반복이 요구되는 레이저에 이용되고 있고, KTP는 저출력 레이저에 주로 이용되고 있다. 결정 KTP는 1 μ m 근처에서 발진하는 Nd:YAG 레이저의 제 2 고조파 발생(Second Harmonic Generation : SHG)에 널리 사용되고 있는 특별한 비선형 광학 결정이다.[2]

따라서, 본 연구에서는 펄스중첩법을 이용하여 치과용 의료기기 및 가시광을 필요로 하는 레이저 응용분야에 사용하기 위해서 직접 설계·제작한 Nd:YAG 레이저 출력측에 SHG 장치를 장착하여 원하는 펄스모양의 녹색광 및 변환효율을 얻고자 한다. 그림 1은

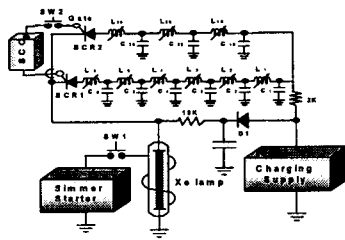
Nd:YAG 레이저 시스템 개략도를 나타내고 있다.[1]



[그림 1] Nd:YAG 레이저 시스템 개략도
[Fig. 1] The schematic diagram of Nd:YAG laser system

2. 본 론

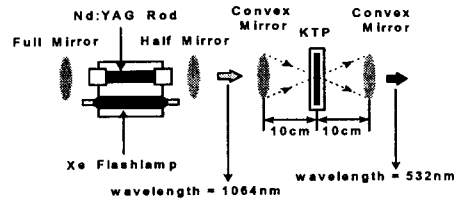
2.1 실험장치



[그림 2] 두 펄스 중첩회로의 개략도
[Fig. 2] The schematic diagram of two-pulse superposition network

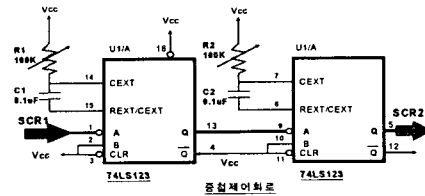
그림 2는 본 연구에서 사용한 펄스형 Nd:YAG 레이저의 전원장치의 개략도이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 전원장치는 크게 크세논(Xe) 플래쉬램프를 예비점등시키기 위한 시머회로(simmer circuit), 시머시동기(simmer starter), 충전전원(charging power supply), 6단메쉬 회로망으로 구성된 주 회로, 3단메쉬 회로망으로 구성된 중첩회로 및 중첩펄스의 지연시간을 자유자제로 제어할 수 있는 펄스중첩 제어회로로 구성되어 있다. 여기서 SCC는 Superposition Control Circuit의 약자이고, 인덕턴스 L은 큰 펄스전류가 흐를 때 자기포화를 방지하기 위해 공심 솔레노이드로 제작하여 가변될 수 있도록 하였다. 트리거 방식은 플래쉬램프의 수명 연장, 램프 상태의 제어, 효율 상승 및 인가 전압

의 저전압화 등 많은 이점을 가지는 시머(simmer)방식을 이용하였다. 회로의 개략적인 동작은 다음과 같다. 충전전원 및 시머전원에 의해 플래쉬램프 양단에 약 1kV의 직류 바이어스전압이 인가된 상태에서 시머시동기를 트리거시키면 램프에 감겨있는 트리거링(trigger ring)에 의하여 램프에 약한 스트리머방전이 유지된다. 이 상태에서 SCR1의 게이트에 트리거신호를 가하면 주회로의 C에 저장된 충전에너지가 램프에 방전된다. SCR2의 턴온(turn on) 순간을 펄스중첩 제어회로에서 감지한 후, 임의의 지연시간 후에 SCR2의 게이트에 턴온신호를 보내게 된다. 즉, 중첩파형의 지연시간을 제어하여 임의의 지연시간 후에 중첩파형을 주파형위에 인가함으로써 원하는 형상의 계단형 펄스를 얻을 수 있다.



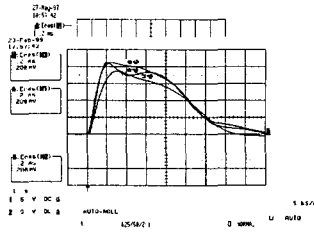
[그림 3] 레이저와 녹색광 변환장치
[Fig. 3] Laser and green light conversion device

그림 3은 펄스형 Nd:YAG 레이저와 녹색광 변환장치이다. 레이저 빔이 정확하게 비선형 광학 결정에 정확하게 입사되도록 블록렌즈를 설치하여 변환효율을 높이도록 하였다. 이때 블록렌즈의 초점거리가 100mm이므로 KTP결정을 정확한 위치에 놓이도록 조절하였다. 그림 4는 중첩제어회로를 원칩멀티바이브레이터 74LS123으로 구성하였고 그 파형은 그림 5에서 볼 수 있다.

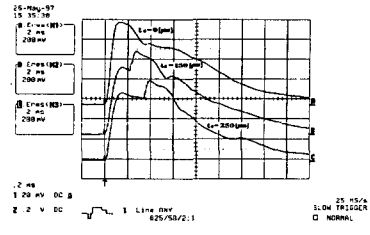


[그림 4] 중첩제어회로(74LS123)
[Fig. 4] Superposition control circuit

중첩회로를 적용한 펄스형 Nd:YAG 레이저의 2차 SHG 변환효율에 관한 특성연구



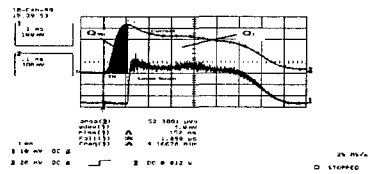
[그림 5] 원샷멀티바이브레이터의 동작파형
[Fig. 5] Waveform of one-shot multivibrator



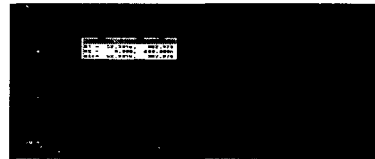
[그림 7] 레이저 빔 파형 (지연시간별)
[Fig. 7] Experimental waveform (delay time)

2.2 실험 방법 및 결과 고찰

본 실험은 그림 3에서 보는 바와 같이 1064nm의 파장을 가진 적외선 레이저 출력이 KTP를 통과한 후 532nm의 파장을 가진 녹색광원으로 변환된다. 그림 2에서 보여진 바와 같이 주회로에는 3단, 4단, 6단 메쉬를 구성하고 중첩회로에는 1단, 2단, 3단메쉬를 구성하였다. 즉 3단-1단(주회로-중첩회로), 4단-2단, 6단-3단을 가진 펄스 중첩 회로에 각각 같은 에너지를 인가해서 나오는 1064nm의 레이저 출력과 532nm의 녹색광으로 변환되어 나오는 에너지를 각각 측정하여 변환효율을 구하였다. 그림 6은 입력에너지 E= 100J 충전전압 645V 이며 상단 파형은 C1~C6 = 80uF 이며 하단은 C1~C6 = 60uF로 구성된 파형이다. 그림 7은 지연시간 Td의 변화에 의한 실험으로 A=0uS, B= 150uS, C= 250uS로 지연시 출력되는 파형을 나타내고 있다.

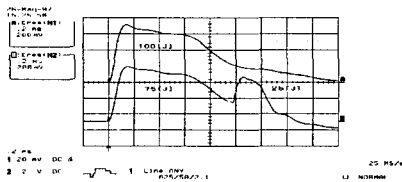


[그림 8] 레이저 빔 파형 (6단)
[Fig. 8] Experimental waveform (6 step)



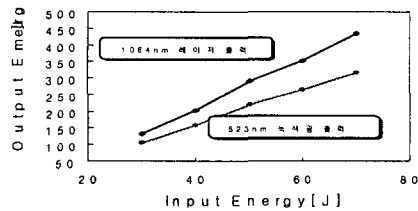
[그림 9] 실험 시뮬레이션 파형(6단)
[Fig. 9] Experimental simulation waveform (6 step)

그림 9는 6단의 중첩 된 시뮬레이션파형을 나타낸다.



[그림 6] 레이저 빔 파형 (80uF/60uF)
[Fig. 6] Experimental waveform (80uF/60uF)

2.2.1 3단-1단 메쉬에서의 녹색광 변환특성



[그림 10] 3단 - 1단의 녹색광 변환
[Fig. 10] The green light conversion characteristics of the three-mesh and one-mesh

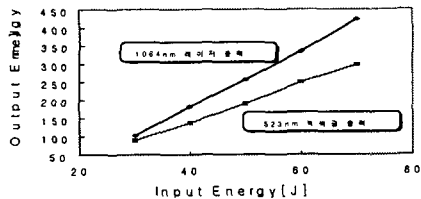
그림 10은 주 회로에는 3단, 중첩회로에는 1단 메쉬를 구성하여 입력 에너지를 30[J]부터 70[J]까지 10[J]씩 증가시켰을 때 Nd:YAG레이저 출력과 비선형 광학 결정을 투과한 후의 녹색광의 출력을 측정하였다. 입력에너지가 증가할수록 녹색광 변환효율이 감소하였다.

2.2.2 4단-2단 메쉬에서의 녹색광 변환특성

그림 11은 주회로에는 3단, 중첩회로에는 2단 메쉬를 구성하여 입력에너지를 각각 가변 시켜가며 인가했을 때 레이저의 출력과 녹색광 출력을 측정하여 각각의 변환특성을 나타내었다. 입력에너지가 증가할수록 녹색광으로 변환하는 효율이 감소하였다.

2.2.3 6단-3단 메쉬에서의 녹색광 변환특성

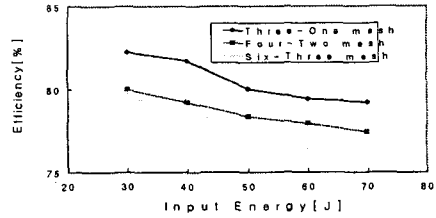
주회로에는 6단, 중첩회로에는 3단 메쉬를 구성하여 입력에너지를 각각 가변시켜가며 인가했을 때 레이저의 출력과 녹색광 출력을 측정하여 각각의 변환특성을 나타내었다. 입력에너지가 증가할수록 녹색광으로 변환하는 효율이 감소하였다.



[그림 11] 3단 - 2단의 녹색광 변환
[Fig. 11] The green light conversion characteristics of the three-mesh and two-mesh

2.2.4 메쉬수에 따른 녹색광 변환 효율 특성

메쉬수에 따른 녹색광의 변환효율을 나타낸다. 3단에 1단을 중첩했을 경우, SHG 장치를 통한 녹색광 출력 및 변환효율이 가장 높았다.



[그림 12] 메쉬수에 따른 녹색광 변환 효율특성
[Fig. 12] Green light conversion efficiency characteristics vs the number of meshes

3. 결 론

본 연구에서는 펄스중첩법을 적용한 펄스형 Nd:YAG 레이저의 출력측에 SHG 장치를 장착하여 투과해 나오는 녹색광의 출력특성을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 동일한 입력에너지를 인가했을 경우 녹색광 출력이 3단-1단(주회로-중첩회로)의 경우가 4단-2단의 경우보다 약 10%, 6단-3단의 경우보다는 약 30% 높았고 입력에너지를 30[J]부터 70[J]까지, 10[J]씩 증가시킬수록 녹색광 변환 효율은 약 0.5% 씩 감소하였다.

※ 참고 문헌

[1] 김휘영의 2인 "SMPS 방식의 고반복 펄스형 CO₂ 레이저의 출력특성 최적화, pp.2192-2194, 1999.07, 대한전기학회

[2] W.Y. Kim " A new proposal of high repetitive Nd:YAG laser power supply adopted the sequential charge circuit, K-J Symposium on ED 5권, pp.85-88,

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

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

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