

펄스형 Nd:YAG 레이저의 제 2고조파(SHG) 발생기법에 관한 연구

임규호*, 홍정환, 이동훈, 김희재, 조정수
부산대학교 전기공학과

A study on the second-harmonic generation by the pulsed Nd:YAG laser

K. H. Im*, J. H. Hong, D. H. Lee, H. J. Kim, J. S. Cho
Dept. of Electrical Eng. Pusan national Univ..

Abstract - 레이저가 산업 응용 전반에 걸쳐 아주 중요한 부분으로 자리잡고 있으며, 최근에 와서는 레이저 의료기기, 레이저 가공, 레이저 핵 융합 등과 같은 다수의 분야에 강력한 가시광이나 자외선 광을 필요로 하고 있다. 이에 본 실험실에서 보유한 다단메쉬 중첩 기술을 이용하여 각 중첩 메쉬에 같은 에너지를 인가했을 때의 레이저 출력과 녹색광 출력간의 상관관계와 다단메쉬에 따른 변환효율도 조사하였다.

력에너지가 인가되더라도, 열-물리적 상호작용의 관계로 인해 레이저광의 펄스형상이 가공성능에 크게 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다.[5]

따라서 본 실험실에서는 다단메쉬 회로망 방식을 이용하여 가공재질에 따라 가공효율을 좌우할 수 있는 플래쉬램프의 전류 펄스형상 및 레이저 광 펄스의 형상을 정밀하게 제어하고 다양한 형상으로 만들 수 있는 펄스성형기술을 개발하였다.[6-7]

주펄스는 LC회로망으로 구성되는 6단메쉬로 하여 펄스의 전 주기에 걸쳐 출력이 거의 동일한 약 1[ms]의 펄스폭을 갖는 구형파를 얻었고, 중첩펄스는 3단메쉬로 구성하여 약 0.2[ms]의 펄스폭을 갖는 정현파를 만들었다. 주펄스에서 형성한 구형파상에 중첩회로에서 얻은 정현파를 윈 슛 멀티바이브레이터(one shot multivibrator : 74LS123)를 이용하여 중첩시킴으로써 계단형의 펄스를 발생시켰다. 그리고, 중첩회로에서 얻은 정현파 형상의 중첩펄스의 지연시간을 윈 슛 멀티바이브레이터의 외부 부차 저항 및 콘덴서의 가변에 의해 자유자재로 변화시키면서, 가공성능 및 가공의 질을 좌우할 수 있는 플래쉬램프의 전류 펄스형상 및 레이저 광 펄스의 형상을 다양하게 제어하였다.[6-7] 본 실험실이 보유한 다단메쉬 중첩 기술을 이용하여 치과용 의료기기, 가시광이 필요로 하는 레이저 응용에 사용하기 위해서 직접 설계 제작한 Nd:YAG 레이저에 비선형 광학 결정을 장착하여 원하는 펄스모양의 녹색광원을 얻고자 하였다.

1. 서 론

가시광 영역에서부터 자외선 영역에 이르기 까지 광범위한 레이저를 얻는데 간단하고 유용한 방법으로는 비선형 광학 결정을 이용한 주파수 변환기술이 이용되어지고 있다. 비선형 광학재료를 이용하면 2배, 3배, 4배의 주파수를 가진 고주파광을 얻는 것이 가능하며 적외선에서 자외선에 이르기까지 넓은 대역의 파장을 가진 레이저 광을 발생시키는 것이 가능하다.[1-2] 예를 들어 레이저 의료기기, 레이저 핵융합 등에서는 강력한 가시광이나 자외선 광선이 필요하고, 광정보처리 디스플레이, 광 계측 분야에서 또한 소형 경량, 장수명의 가시, 자외선광원이 필요로 하고 있다. 종래의 단수명, 비교적 대형인 액체 레이저보다는 소형 경량, 장수명의 고체 레이저에 비선형 광학 결정을 취해서 원하는 파장과 빛을 만들어 낼 수가 있다.[3] KDP, LAP는 아주 큰 크기까지 성장할 수 있어서 대형 레이저 시스템에 적절하게 이용되어 질 수 있으며, KTP, BBO, LBP등은 고출력, 고반복이 기대되는 레이저에 이용되고 있다. 또한 저출력 레이저에서는 KTP가 사용되어지고 있다. 결정 KTP는 1 μ m 근처에서 발진하는 Nd레이저들의 제2고조파 발생에 널리 사용되고 있는 특별한 비선형 광학 결정이며 0.35 μ m에서 4.5 μ m에 이르기까지 넓은 범위에 걸쳐 사용되고 있다.[4]

레이저 가공에 있어서는 가공재질에 따라 같은 입

2. 본 론

2.1 실험장치

그림 1은 본 연구에서 사용되어진 다단메쉬 회로망 및 펄스형 Nd:YAG 레이저의 전원회로이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 전원장치는 크게 크세논(Xe) 플래쉬램프를 예비점등시키기 위한 시머 회로(simmer circuit), 시머시동기(simmer starter), 충전전원(charging power supply), 6단메쉬 회로망으로 구성된 주 회로, 3단메쉬 회로망으로 구성된

중첩회로 및 중첩펄스의 지연시간을 자유자재로 제어하기 위한 원숫 멀티바이브레이터로 구성된 펄스 중첩 제어회로로 이루어진다.

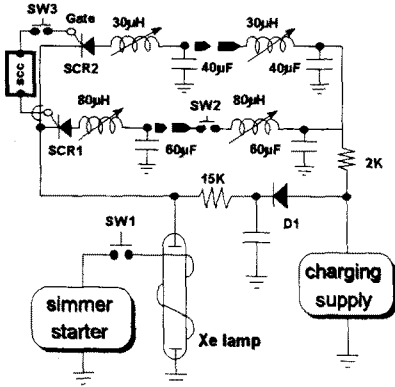


그림 1 두 펄스중첩회로의 개략도

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 2는 펄스형 Nd:YAG 레이저와 녹색광 변환장치를 보여주고 있으며, 또한 레이저 빔이 정확하게 비선형 광학 결정에 정확하게 입사되도록 볼록렌즈를 설치하여 변환효율을 높이도록 하였다. 이때 볼록렌즈의 초점거리가 10cm이므로 SHG소자를 정확한위치에 놓이게 하였다.

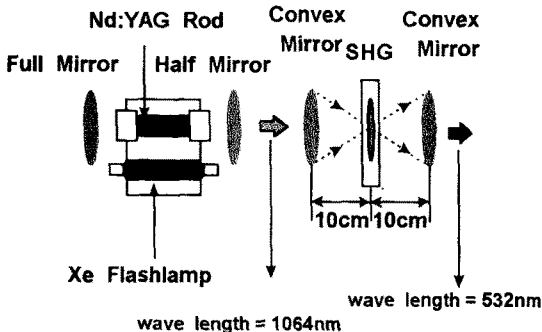


그림 2. Nd:YAG 레이저와 녹색광 변환장치

2.2 실험 방법 및 결과 고찰

본 실험은 그림 2에서 보는바와 같이 1064nm의 파장을 가진 적외선 레이저 출력이 KTP를 통과한 후 532nm의 파장을 가진 녹색광원으로 변환하는 것을 알 수가 있다. 그림 1에서 보여진 바와 같이 주회로에는 3단, 4단, 6단 메쉬를 구성하고 중첩회로에는 1단, 2단, 3단메쉬를 구성하였다. 즉 3단-1단, 4단-2단, 6단-3단을 가진 펄스 중첩 회로에 각각 같은 에너지를 인가해서 나오는 1064nm의 레이저 출력과 532nm의 녹색광으로 변환되어 나오는 에너지를 각각 측정하여 변환효율을 구하는 것이다.

2.2.1 3단-1단 메쉬에서의 녹색광 변환특성

주 회로에는 3단, 중첩회로에는 1단 메쉬를 구성하여 입력 에너지를 30J, 40J, 50J, 60J, 70J을 각각 인가했을 때 나오는 Nd:YAG레이저 출력과 비선형 광학결정을 투과한 후의 녹색광의 출력을 측정하였다. 입력에너지가 증가할수록 녹색광 변환효율이 떨어짐을 알 수가 있다.

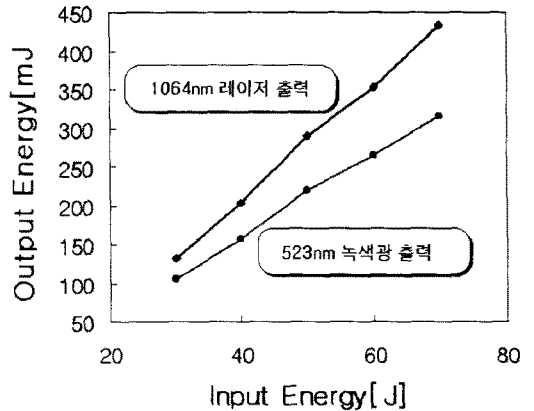


그림 3. 3단-1단의 녹색광 변환 특성

2.2.2 4단-2단 메쉬에서의 녹색광 변환특성

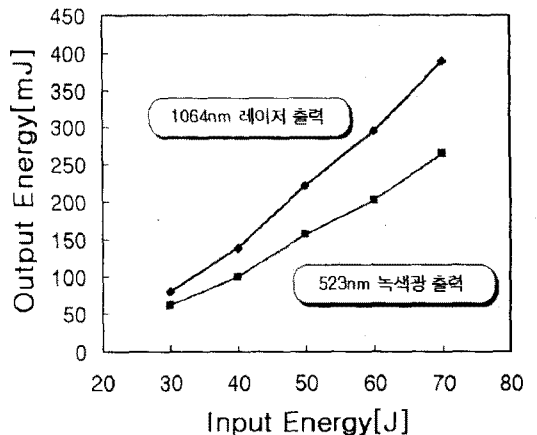


그림 4. 4단-2단의 녹색광 변환 특성

위와 같은 방법으로 주회로에는 4단, 중첩회로에는 2단 메쉬를 구성하여 입력에너지를 각각 가변시켜가며 인가했을 때 레이저의 출력과 녹색광 출력을 측정하여 각각의 변환특성을 그림 4에 나타내었다. 3단-1단의 경우와 마찬가지로 입력에너지가 증가할수록 녹색광으로 변환하는 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

2.2.4 6단-3단 메쉬에서의 녹색광 변환특성

주회로에는 6단, 중첩회로에는 3단 메쉬를 구성하여 입력에너지를 각각 가변시켜가며 인가했을 때 레이저의 출력과 녹색광 출력을 측정하여 각각의 변환특성을 그림 5에 나타내었다. 위의 경우와 마찬가지로 입력에너지가 증가할수록 녹색광으로 변환하는 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

[1] J. E. Swain, S.E. Stokowski, D.Milam and F. Rainer : Appl.Phys. Letters 40 (1982) 350
 [2] Y.Nishida, A.Yokotanl, T. Sasaki, K.Yoshida, T. Yamanaka and C. Yamanaka : Appl.Phys. Letters. 52 (1988) 420
 [3] W.Tam, B. Guerin, J. C. Calabrese and S. H. Stevenson : Chem. Phys. Letters 154 (1989) 93
 [4] W. Koechner. "Solid-State Laser Engineering" Springer-Verlag, New York. Heidelberg, pp. 562-600
 [5] A. L. Petrov et al. "New Advances in Industry Application of YAG Pulse Lasers". Proceeding of Lamp '92, Nagaoka, pp. 993-997, 1992
 [6] Hee-Je Kim, Jon-Han Joung, Dong-Hoon Lee, and Dong-Hyun Kim, "Active two-pulse superposition technique of a pulsed Nd:YAG laser", Optical Engineering, Vol 37, Issue 6, pp. 1780-1784, June 1998
 [7] 김 희재, 조 정수, 정 중한, 김 휘영, 임 규호, "다단메쉬 PFN 방식 펄스형 Nd:YAG 레이저의 출력특성 비교", 대한전기학회지, Vol 47, No 5, 1998

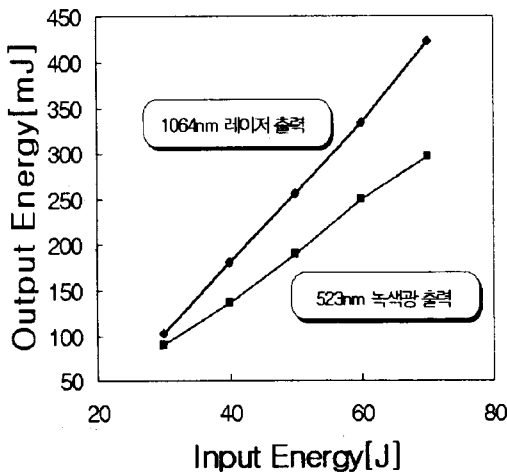


그림 5. 6단-3단의 녹색광 변환 특성

3. 결 론

본 연구에서는 다단메쉬 중첩 기술을 적용한 펄스형 Nd:YAG 레이저를 기본파로 하여 SHG 소자를 투과시켜서 나오는 녹색광원의 출력을 측정해 입출력 특성을 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 입력에너지가 증가할수록 녹색광으로 변환하는 효율이 차츰 떨어짐을 알 수 있었다.
- (2) 다단메쉬 중첩회로에 대해 3단-1단의 경우에서 다른 경우보다 같은 입력에너지에서 레이저 출력과 녹색광 출력이 높음을 알 수 있었다.
- (3) 또한 SHG 소자를 투과시켜 나온 변환 효율 또한 3단-1단의 경우가 우수함을 알 수 있었다.