

OPO를 이용한 eye-safe 레이저 거리측정기 광학계 제작

Development of laser range finder(LRF) using OPO for eye-safe measurement

유병현*, 조성학, 장원석, 김재구, 황경현, 이동주*
한국기계연구원, *충남대학교 기계공학과
matrix@kimm.re.kr

현재 1km 이상의 장거리측정을 위한 레이저 거리측정기(LRF)는 주로 전차, 헬기 등 국방 장비에 응용되고 있으며 필수적인 장비로 자리잡고 있다. 기존 LRF는 주로 고출력의 Nd:YAG를 매질로 사용하였으나 1.064 μ m 파장으로써 망막에 치명적인 손상을 줄 수 있는 단점이 있었다. 따라서 최근에는 CO₂ 및 라만(raman) 레이저와 같은 eye-safe 레이저가 활발하게 이용되고 있다.

본 연구에서는 OPO(optical parametric oscillation) 파장변환 원리를 이용하여 파장 1.064 μ m인 Nd:YAG 레이저를 eye-safe 영역인 1.5 μ m로 변환하여 거리측정 할 수 있는 광학계를 구성하였다. OPO를 이용한 파장변환 방식은 눈에 안전함과 동시에 대기투과율이 높은 1.5 μ m파장을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 고체 결정(crystal)이므로 안정성 및 소형화가 유리한 장점이 있다. OPO를 이용한 LRF 광학계를 그림 1과 같이 구성하였다. 레이저 매질은 발진 파장 및 펄스 에너지 안정도가 높은 Nd:YAG를 사용하였으며, Ø2mm, 길이 30mm로써 50~60mJ 출력이 가능하다. 고체 레이저의 여기방법은 플래시램프, 아크 램프 혹은 다이오드를 이용한 펌핑이 사용되는데, 이중 가장 널리 쓰이고 있는 크세논(Xenon) 플래시램프를 적용하였다. 거리 측정에 필요한 짧은 펄스폭의 레이저를 얻기 위해 큐스위치(Q-switch)를 두었으며, 큐스위치에서 생성된 펄스는 OPO를 통과하면서 광 파라메트릭 방법(optical parametric process)에 의해 파장변환이 이루어진다. 사용된 OPO 결정(crystal)은 1.5 μ m 출력을 위한 각도로 커팅된 BBO(beta barium borate)이다. BBO의 복굴절성으로 인해 signal과 idler의 두 파장이 생성되므로 1.5 μ m에서 최대 투과율을 갖는 아웃풋 커플러를 이용하여 원치 않는 파장이 출력되는 것을 방지하였다.

장거리측정을 위해서는 광의 분산을 최소로 해야 하므로 빔익스펜더를 사용하여 1mrad의 발산각을 만들어 타깃으로 보낸다. LRF에 사용된 빔익스펜더는 $\times 10$ 로서 직경 1mm의 레이저 펄스는 10mm까지 확대된다. 발산각외에 최대 거리측정거리에 영향을 미치는 요소는 펄스 당 출력에너지와 펄스폭이 있다. 최종 출력된 펄스폭과 에너지는 각각 23ns와 최소 9mJ였으며, 이는 기존의 레이저 거리측정기와 비교해 볼 때 수 km 측정이 가능한 수준이다. 송광 신호는 광검출에 일반적으로 사용되는 PIN 다이오드를 적용하였고, 수광부는 반사되어 돌아오는 미약한 신호를 검출해야 하므로 가격은 높으나 애벌런치(avalanche) 효과에 의해 높은 출력 및 S/N 향상이 가능한 APD를 사용하였다. 100m 거리에서 오실로스코프로 측정된 신호는 그림 2와 같다. 여기서 D8, D12, D15는 각각 start, stop, gate 신호를 나타내며, 명확한 신호 검출이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

LRF 시스템 구성 후 측정시 발생하는 실제 거리와의 오차는 보정값(offset)을 적용하여 보상하였다. 광을 사용하는 LRF 특성상 측정 거리에 따라 보정값이 달라질 필요가 없으므로 한 번 설정된 값은 모든 거리에서 유효하다. 레이저 발진 과정에서 발생된 열은 공랭식으로 발산되므로 반복 측정률을 분당 4회로 제한하여 테스트를 진행하였다. 실외 건물을 대상으로 측정한 최대측정거리는 3.7km이며 반복 측정하여 확인한 오차는 ± 2 m이다.

표 3. Specification of LRF

Dimensions	100×70×300(mm), AL 6061
Laser	Laser type: FPSS / Active Q-switched /OPO, Laser material: Nd:YAG(1.064 μm), Output wavelength: 1.5 μm
Beam expander	Input Diameter: \varnothing 10mm, Output Diameter: \varnothing 25mm Magnification 10 \times , Coating: AR Coating at 1.5 μm
Receiving Lens	Diameter: \varnothing 50mm, Length: 70mm Clear Aperture: \varnothing 48mm, AR coating at 1.5 μm
Telescope	Length: 233mm, Magnification: 4 \times Field lens: \varnothing 32mm, Eye lens: \varnothing 32mm
Detector (start)	InGaAs PIN, Active diameter:0.5mm, Responsivity at 1.55 μm :0.95A/W Dark Current:1nA, Bandwidth: 350MHz, Operating Temperature:-40~85 $^{\circ}\text{C}$
Detector (stop)	InGaAs APD, Active diameter: \varnothing 200 μm Sensitivity: 8nW typical at 1.54 μm , 28ns, pulse 50% detection Operating Temperature:-32~64 $^{\circ}\text{C}$

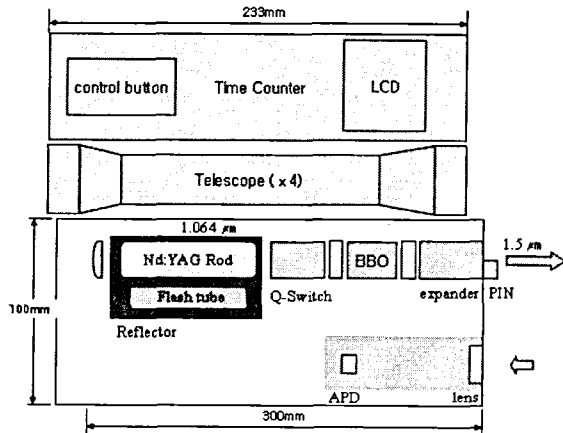


그림 1. Schematic design of eye-safe LRF

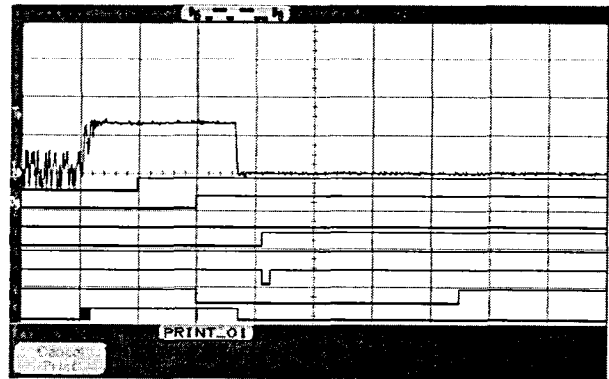


그림 2. Detecting start & stop signal

참고문헌

1. K. Kopczynski, Z. Mierczyk, S. M. Kaczmar다, "Miniature, eye-safe solid-state lasers," SPIE, Vol 3186(1997)
2. 유병현, 조성학, 황경현, "OPO를 이용한 Eye-safe 레이저 거리측정기 개발", 레이저기술 126호, p48-53(2004)

T
P