

ITS를 위한 속도측정용 고출력 펄스 레이저 다이오드모듈

High power pulse laser diode module for speed measurement in ITS

김호성, 최영완
중앙대학교 전자전기공학부
hkim@cau.ac.kr

현재 교통량, 차간 거리, 차량속도, 차종분류 등 ITS의 기본 데이터는 CCD를 이용한 육안 관찰, 초음파, inductive ring 등 다양한 방법을 이용하여 얻어지고 있으며 그 데이터 또한 RF와 광을 이용하여 전송되고 있다. 그런데 최근 한국도로공사에서 고속도로 자동요금징수 시스템 (Electronic Tolling System, 이하 ETS) 사업을 본격적으로 시작하면서 IR을 이용한 system의 우수성이 입증되었으며 이는 눈이나 비, 또는 안개 등 악천후에서도 IR을 이용한 통신 및 계측이 안정정적으로 수행될 수 있음을 실험적으로 입증하는 대단히 의미 깊은 현장실험 결과이다. 그러므로 ITS의 physical layer를 구성하는 모든 측정을 광으로 수행하고 전송 또한 광으로 이루어지는 광을 근간으로 하는 ITS에 대한 관심이 높아지고 있다. 우리나라에서 ITS에 대한 연구는 주로 교통시스템 및 교통공학 차원에서의 software적 연구가 주류를 이루고 있으며 이러한 시스템을 이루는 physical layer에 대한 연구는 ETRI에서 RF를 기반으로 하는 ETS용 송수신 모듈 제작을 제외하고는 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나 선진 외국에서는 IR을 기반으로 하는 ETS용 송수신기 및 차량속도 측정기, 차종분류장비 등이 최근 들어 속속 개발되어 상용화되고 있다. Physical layer를 구성하는 측정 장비에 대한 연구개발이 없는 ITS 사업은 시장 및 기술의 종속을 초래할 것이 자명하며 이에 대한 국내 기술개발 및 연구는 시급하다 하겠다.

본 연구는 광을 기반으로 하는 ITS에 사용되는 레이저 speed gun에 대한 연구이며 본 논문에서는 고출력 펄스레이저 송신모듈과 수신모듈의 개발에 대해 서술한다. 레이저를 이용한 Rangefinder, velocimetry, Lidar등의 거리측정을 목적으로 하는 계측기들이 현재 많은 곳에서 상용화되어 있다.⁽¹⁾ 속도측정에는 속도자체를 측정하는 Doppler effect를 이용하는 방식과 거리를 여러 번 측정하여 속도를 계산하는 두 가지 방식이 사용된다. 거리측정을 목적으로 하는 EDM(Electronic Distance Measurement) 방법으로 Phase Difference Method, Pulse Method가 있다.⁽²⁾

Pulse Method는 송신된 신호와 반사체를 맞고 돌아와 수신되는 신호의 비행시간(Time of Flight)을 측정하여 거리를 측정한다. 이때 비행시간을 얼마나 정밀하게 측정하느냐에 따라 거리의 정확도가 결정되며, 이 방식은 장비의 크기를 소형화할 수 있고 저전력을 소모하여 이동식 speed gun에 사용되며 향후 성능이 개선되면 고정식으로도 사용될 전망이다. Pulse Method의 장점은 에너지를 충방전하는 pulsed laser 방식으로 continuous laser 방식보다 높은 출력을 방출할 수 있어 고출력의 극초단 레이저 펄스(30ns이하)의 발생이 가능하며 정교한 장거리측정에도 유용하다.⁽³⁾

본 연구는 Pulse Method를 사용한 EDM에 응용하기 위해서 극초단 펄스를 발생하는 고효율의 레이저 송수신 모듈을 제작하는데 목적이 있다. 레이저 펄스를 생성해내는 레이저 송신부 시스템은 Trigger를 위한 Pulse Generator, FET의 고속 스위칭을 위한 Gate Driver와 레이저 다이오드에 전류를

공급하는 고전압 레이저 Driver의 세 부분으로 나누어진다. 수신부는 송신된 레이저의 파장과 일치한 미세한 신호를 검출하기 위해 interference filter를 이용하고 Avalanche Photodiode를 사용하여 감지, 증폭시켰다.

본 연구에서는 SCR과 FET를 이용하여 각각의 레이저 Driver를 제작하고 그 장단점을 비교하였다. 이 광학장치의 송신부는 PRF 1MHz, 펄스폭 15ns와 peak 출력이 25[W]의 레이저 펄스 발생을 목적으로 하였다. 수신부는 렌즈와 필터로 이루어진 광학부와 APD로 구성되어 있다. 가장 간단한 충방전회로인 저항(Resistor)형 Driver와 이를 이요한 LD모듈의 출력파형을 그림1에 도시하였다. 이 회로에서 SCR을 holding current이하로 유지하기 위해 저항값을 크게 정해야 한다. 하지만 큰 저항값은 회로의 RC 시정수를 증가시켜 충전 시간을 길어지게 하기 때문에 높은 PRF(Pulse Repetition Frequency)가 필요한 고속의 스위칭 회로에 응용하기 위해서는 충전 주기를 결정하는 저항값을 되도록 작게 선정해야 한다.⁽³⁾

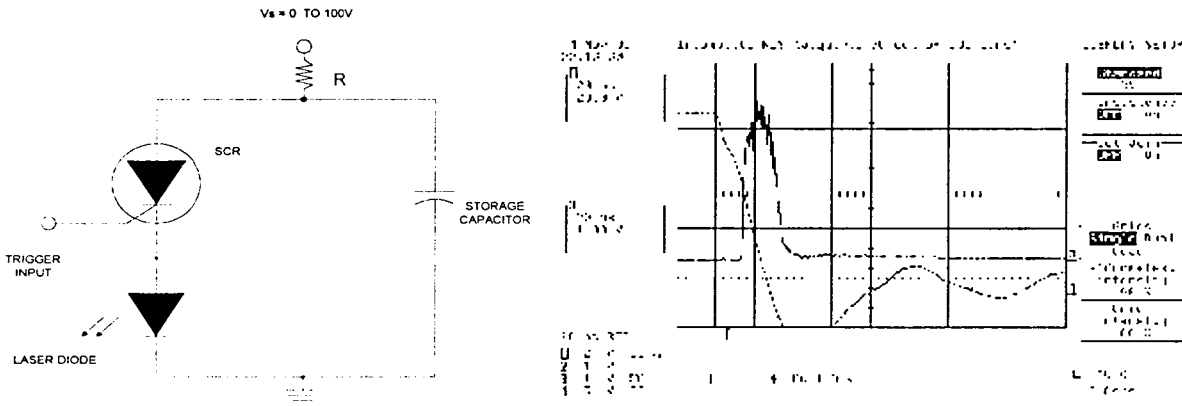


그림1. 고출력 펄스 LD의 Driver Diagram과 출력파형

레이저 펄스의 출력을 증가시키기 위해 용량이 큰 에너지 저장 커패시터를 선정하면 레이저 펄스의 출력은 증가되나 방전 시 RC 시정수가 커져 레이저 펄스폭이 넓어진다. 에너지 저장 커패시터의 용량을 증가시키지 않고 보다 높은 레이저 펄스의 출력을 얻기 위해서 blocking 전압이 100V인 SCR을 series로 두 개이상 연결하는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 출력은 높아지나 증가된 SCR의 $R_{DS(on)}$ 에 의해 방전 시 회로의 RC 시정수가 높아지고 길어진 방전루프에 의해 회로의 inductance도 증가하기 때문에 펄스폭은 더욱 넓어진다. 따라서 두 개 이상의 SCR을 series로 사용하여 원하는 극초단의 펄스폭을 얻기 어렵다. FET를 사용하는 경우에는 Miller effect에 의한 시간지연을 방지하기 위하여 gate driver를 사용해야하는 문제점이 있으므로 실용화를 위해서는 성능 대비 가격을 고려하여 세심하게 설계해야한다. 또한 수신부의 출력이 CCD를 트리거해야 하므로 수신부와 신호처리부사이의 인터페이스도 세심하게 설계되어야 한다.

참고문헌

1. Arecchi F.T, "Laser Handbook", volume2,1745~1804, 1972
2. J.M Rueger, M.Rueger Electronic, "Distance Measurement: An Introduction" 4th, 11~30, 1996
3. EG&G CANADA LTD "A High-speed pulser For Injection-Laser Diode", AN-4741

FB