

광범위 측정이 가능한 레이저 출력 측정 장치 개발

Development of Laser Power Measurement System for Wide Power Range

황대석*, 최종운, 신동주, 정영봉, 김용완, 이영우*
한국표준과학연구원 광학 그룹, *목원대학교 전자 및 컴퓨터공학과
stone@mokwon.ac.kr

레이저 칼로리미터는 측정하려는 레이저 에너지를 수광부에서 받아들여 열로 변환한 후 온도상승을 열 기전력으로 바꾸어 측정하는 장치이다. 레이저 칼로리미터는 정밀도도 높고, 레이저 광에 대한 파장의존성이 작으며 주위 온도등 환경의 변화나 시간경과에 따른 오차가 작아 폭 넓게 사용된다⁽¹⁾.

레이저 칼로리미터는 레이저의 출력과 에너지를 직접 전기적 출력이나 에너지, 즉 joule이나 watt로 비교 측정할 수 있는 장치이다. 칼로리미터에 대해 입력되는 레이저나 전기적 에너지는 온도의 형태로 시간에 따라 증가한 후 감쇠하는 지수함수 형태로 나타내어진다. 이를 측정하는 식을 두 가지로 요약하면 다음과 같다⁽²⁾.

$$W = E[T_F - T_I + \epsilon \int_{t_f}^{t_i} (T - T_\infty) dt] \quad (1)$$

$$= E \Delta T_C$$

$$\frac{dT}{dt} = -\epsilon(T - T_\infty) \quad (2)$$

여기에서 W 는 흡수부에 흡수된 전기에너지 또는 레이저 에너지이고 E 는 교정인자, T_F , T_I 는 최종 평가 구간 t_f 와 초기 평가 구간 t_i 에 측정된 흡수부의 온도, ϵ 는 냉각상수, T 는 초기 평가 구간과 최종 평가 구간 사이에서의 온도, T_∞ 는 평형 온도, ΔT_C 는 변환 온도 상승이다.

그림 1은 레이저 에너지를 측정하기 위한 장치도이다. 레이저빔은 셔터에 의해 입사되고 입사되는 시간은 동일시간에 셔터를 통과하는 He-Ne 레이저를 검출하여 디지털 카운터에 의해 측정된다. 입사된 빔은 칼로리미터 본체의 흡수부에서 Conical Mirror에 의해 분산되어 흡수된다. 흡수부에서 흡수된 레이저 빔은 열 에너지로 변환되어 구리링을 통해 보호부로 전달되고 보호부의 저항 브릿지에서 변환 온도 상승 ΔT_C 를 측정하여 레이저의 실제적인 출력을 구할 수 있게 된다.

그림 2는 칼로리미터의 전기적 교정을 위한 구성도이다. 전기적 교정을 위해 본 실험에서는 칼로리미터 흡수부에 위치한 망가닌 코일 히터에 전기에너지를 입력하고, 코일에 입력되는 전류를 측정하기 위해 표준 저항을 망가닌 코일 히터와 직렬로 연결하였다. 망가닌 코일 히터에 전원이 공급된 시간을 측정하기 위해 표준 저항에 병렬로 디지털 카운터를 연결하였다. 망가닌 코일 히터의 흡수부 가열에 의한 변환 온도 상승 ΔT_C 를 측정하기 위해 보호부의 변환 온도 측정용 망가닌-구리 저항 브릿지의 전압을 측정하였다. 흡수부와 보호부에서 측정된 값들은 PC에 입력되어 공급된 전기적 에너지 W 와 변환 온도 상승 ΔT_C 로 교정인자 E 를 구하게된다. 전기적 교정은 칼로리미터의 교정인자 E 를 구하기 위한 과정이다. 교정 인자 E 는 칼로리미터에 일정 시간 동안 전기적 에너지 W 를 가하고 시간에 따른 흡수부

의 변환 온도 상승 ΔT_c 를 측정하여 식 1에 의해 구할 수 있다.

본 연구에서는 외부 환경의 영향을 제거한 상태에서 측정된 칼로리미터의 교정 인자는 100W 범위에서 약 489.13 J/mV이고 500W 범위에서 약 497.04 J/mV이었다. 출력에 대해 1%의 안정도를 가진 Nd:YAG레이저를 사용하여 보정 계수를 구한 결과 100W일때는 0.99이고 500W일때는 1.006으로 제작된 레이저 칼로리미터의 전기적 교정과 실제 레이저 에너지의 입력에 의한 차이는 1%미만이다.

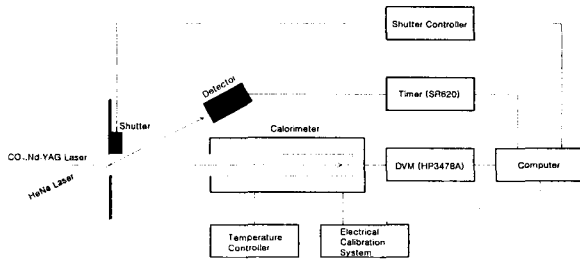


Fig. 1. Experimental Setup for Laser Power Measurement

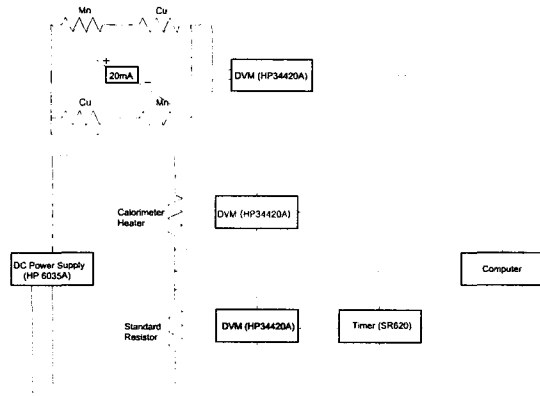


Fig. 2. Diagram for Electrical Calibration of the Laser Calorimeter

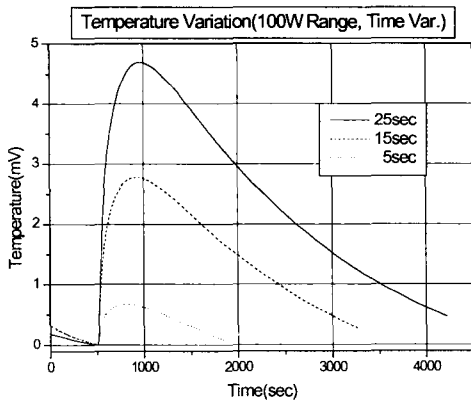


Fig. 4. Absorber Temperature Variation against Time for Various Electric Energies when the Electrical Power is 100W and the Energy Input Time is Changed

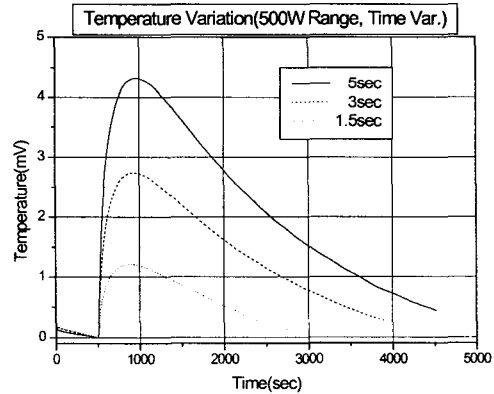


Fig. 3. Absorber Temperature Variation against Time for Various Electric Energies when the Electrical Power is 500W and the Energy Input Time is Changed

Reference

1. 김용완, 신동주, 최종운, 정영봉, 이인원, 응용물리 volume 9, number4, pp. 435~439, (1996)
2. E. D. West, W. E. Case, A. L. Rasmussen, and L. B. Schmidt, "A Reference Calorimeter for Laser Energy Measurements, J. Res. Nat. Bur. Stand. (U. S.), 76A(Phys. and Chem.), No. 1, p.13, (Jan.-Feb. 1972)