

LabVIEW™를 이용한 고출력 가간섭광 계측

황대석^{*} · 최종운^{**} · 이영우^{*}

^{*}목원대학교 · ^{**}호남대학교

A measurement of the high power coherent light using LabVIEW™

Dae-seok Hwang^{*} · Jong-woon Choi^{**} · Young-Woo Lee^{*}

^{*}Mokwon University · ^{**}Honam University

E-mail : stone@mokwon.ac.kr

요 약

산업 전반에 사용되는 수백W~수kW의 CO₂ 및 Nd:YAG 레이저광 출력측정 및 교정을 위해 정밀한 레이저 계측 장치를 제작하고 성능 평가 및 출력 측정을 위해 National Instrument사의 LabVIEW를 이용한 프로그램을 작성하였다. 레이저광의 출력측정을 위해 전원 공급기와 두 대의 DVM, 디지털 카운터를 GPIB를 통해 PC에 연결하였고 이를 이용해 데이터를 수집하여 그 결과를 분석하였다.

ABSTRACT

We have developed the evaluation program using LabVIEW for the high power laser measurement system.

키워드

Laser Power Measurement, LabVIEW, PC-Based DAQ

I. 서 론

National Instrument(NI)사에서 만든 LabVIEW는 GUI기반의 프로그램 작성 언어이다. Visual C++, Visual Basic, C, Delphi와 같은 언어들과 비교하여 User interface 및 Source code가 그래픽 환경으로 이루어져 짧은 시간 안에 프로그램 작성을 할 수 있고, 또한 C언어와의 결합을 통해서 더 유연한 프로그램 작성이 가능하다. 기존의 Text기반의 프로그램 작성 언어의 경우 자동제어와 계측시스템의 개발에 많은 시간과 노력이 필요했으나 이에 비해 LabVIEW는 접근하기 쉬운 Interface, 프로그래밍의 유연성, NI사에서 제공되는 하드웨어를 이용을 시스템 구현 시간을 단축할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 최근 다양한 분야에서 넓은 응용을 가진 고출력 CO₂와 Nd:YAG 레이저의 출력 측정 장치(레이저 칼로리미터)의 성능 평가를 위해 LabVIEW를 이용하여 자동 제어 계측 프로그램을 작성하였다.

레이저 칼로리미터는 레이저광의 출력이나 에너지를 전기적인 출력이나 에너지와 비교하여 측정하는데 사용된다. 레이저 칼로리미터는 watt나 joule 값을 단위로 하여 레이저광의 출력과 에너

지를 측정할 수 있는 편리하고 정확한 교정 장비로 사용할 수 있다. 레이저 칼로리미터는 측정하려는 레이저 에너지를 수광부에서 받아들여 열로 변환한 후 온도상승을 열기전력으로 바꾸어 측정하는 장치이다. 레이저 칼로리미터는 정밀도도 높고, 레이저광에 대한 파장의존성이 작으며, 주위 온도 등 환경의 변화나 시간경과에 따른 오차가 작아 폭 넓게 사용된다[1]. 하지만 원리적으로 레이저를 열기전력으로 변환하기 때문에 레이저의 변화에 대한 응답 속도가 늦은 단점이 있다.

II. 본 론

1. 기본 이론

레이저 칼로리미터에 대해 입력되는 레이저나 전기적 에너지는 온도의 형태로 시간에 따라 증가한 후 감쇠하는 지수 함수 형태로 나타내어진다. 이를 측정하는 식을 두 가지로 요약하면 다음과 같다[2].

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

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

W : 흡수부에 흡수된 전기에너지 또는 레이저 에너지

E : 교정인자

ϵ : 냉각 상수

T_F : 최종 평가 시점 t_F 에서의 흡수부 온도

T_I : 초기 평가 시점 t_I 에서의 흡수부 온도

T : 초기 평가 시점과 최종 평가 시점 사이의 온도

T_{∞} : 평형 온도

ΔT_c : 변환 온도 상승

식 (1)에서 $E/[T_F - T_I]$ 는 칼로리미터 내부에너지의 변화이고 $E \cdot \epsilon$ 과 적분의 곱은 칼로리미터와 주변의 열 교환으로, 이 열 교환은 칼로리미터의 온도 기울기에 의존하게 된다. 실제로 LabVIEW에서 자동적으로 실험에서 온도 변화를 나타내는 식 (2)의 조건을 만족할 때 식 (1)에 의해 레이저 에너지를 측정하여 평가하게 된다.

2. 실험 장치도

(1) 실험 장치도

그림 1은 레이저 에너지를 측정하기 위한 장치도이다. 레이저빔은 셔터에 의해 입사되고 입사되는 시간은 동일시간에 셔터를 통과하는 He-Ne 레이저를 검출하여 디지털 카운터(SR-620)에 의해 측정된다. 입사된 빔은 칼로리미터 본체의 흡수부에서 Conical Mirror에 의해 분산되어 흡수된다. 흡수부에서 흡수된 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.

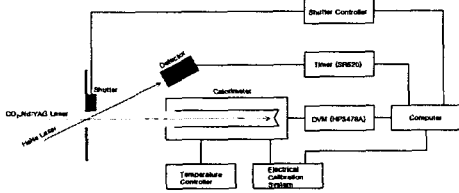


그림 1. 레이저 출력 측정을 위한 실험 장치도

그림 2는 칼로리미터의 전기적 교정을 위한 구성도이다. 전기적 교정을 위해 본 실험에서는 칼로리미터 흡수부 망가닌 코일 히터에 입력되는 전류를 측정하기 위해 표준 저항을 망가닌 코일 히터와 직렬로 연결하였다. 전원 공급을 위해 칼로리미터 흡수부의 망가닌 코일 히터에 DC 전력 공급기(HP6035A)를 사용하였다. 흡수부 망가닌 코일 히터와 표준 저항에 걸리는 전압의 측정을 위해 DVM(HP34420A)을 사용하였고, 전원이 공급된 시간을 측정하기 위해 표준 저항에 병렬로 디지털 카운터(SR620)을 연결하였다. 망가닌 코일

히터의 흡수부 가열에 의한 변환 온도 상승 ΔT_c 를 측정하기 위해 보호부의 변환 온도 측정용 망가닌-구리 저항 브릿지의 전압을 DVM (HP34420A)로 측정하였다.

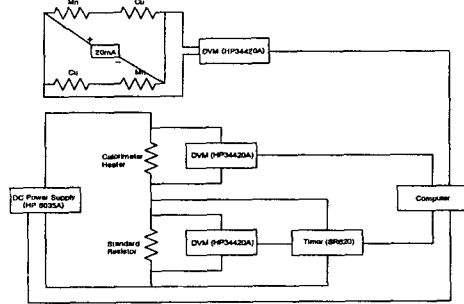


그림 2. 레이저 칼로리미터의 전기적 교정을 위한 구성도

(2) LabVIEW를 이용한 자동계측 프로그램

레이저 광의 전기적 교정 및 출력 측정을 위한 장비의 제어 및 데이터를 수집하기 위해 National Instrument사의 LabVIEW를 이용하여 전기적 교정을 위한 프로그램을 작성하였다. 자동 계측을 위해 실험에 사용된 전원 공급기와 두 대의 DVM, 디지털 카운터는 GPIB를 통해 PC에 연결되어 있으며, Shutter controller는 RS-232를 통해 PC에 연결하였다.

그림 3은 전기적 교정 및 레이저 에너지 자동 계측 및 교정을 하기 위해 LabVIEW로 작성된 제어 계측 화면이다.

프로그램의 사용은 먼저 칼로리미터에 입력시키고자 하는 가열전압, 가열전 지연시간, 가열시간을 정한다. 여기에서 가열전 지연시간은 측정이 시작된 후부터 칼로리터에 전압이 가해지는 시간까지의 지연시간이다. 가열시간은 컴퓨터 내부의 시간을 기준으로 하고 있으면 사용하는 장치들의 GPIB명령 수행에는 지연 시간이 있기 때문에 칼로리미터에 에너지가 공급되는 정확한 시간이라고 할 수 없다. 따라서 외부의 디지털 카운터를 사용하여 정확한 시간간격을 측정하였다. 이 측정값은 칼로리미터에 에너지가 공급되면 디지털 카운터가 가열시간을 측정하게 된다. 이때 측정값을 GPIB로 읽어 들인 뒤 화면에 가열 시간으로 표시한다. 평균수는 한 지점에서 측정된 값을 횡수로 나누게 된다.

측정이 시작되면 화면의 저항 브릿지 양단 전압에 전압 변화를 그래프로 표시하면서 칼로리미터 양단의 전압과 전류도 화면에 표시하도록 하였다. 이때 측정하여 얻어진 저항 브릿지 양단전

압과 칼로리미터 양단전압 및 전류는 ASCII파일 형태로 저장이 되며, 동시에 측정된 값을 이용해 교정 인자를 구하게 된다.

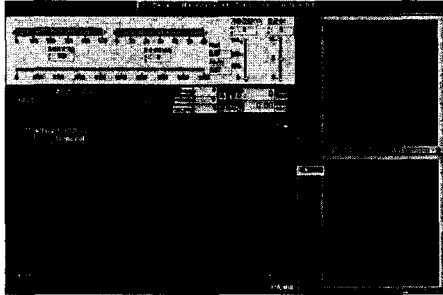


그림 3. 자동 계측 및 교정을 위한 LabVIEW 프로그램 화면

3. 실험 결과 및 고찰

첫째로 입력된 전기적 에너지 변화에 따른 교정 인자 E 를 구하기 위해 시간을 고정한 후 전기적 에너지 세기를 변화시켜 측정하였고, 둘째로 입력 시간 변화에 따른 교정인자 E 의 변화를 측정하기 위해 전력을 고정한 후 시간을 변화시켜 측정하였다.

첫째로 시간을 고정한 후 전기적 에너지 세기를 5~100W, 100~500W로 나누어 측정하였다. 이와 같이 측정하는 이유는 망가닌 선이 입력된 전기적 에너지 세기에 따라 절연 파괴 시간이 달라지기 때문이다. 입력된 전기적 에너지 세기별 측정 시간은 5~100W사이에서 25초 동안, 100~500W 사이에서 5초 동안 측정하였다. 각 단계별로 입력된 전기적 에너지는 5~100W사이에서는 25초 동안 500J(5W), 1500J(25W), 2500J, 100~500W 사이에서는 5초 동안 500J(100W), 1500J(300W), 2500J(500W)의 에너지를 입력하여 측정하였다.

둘째로 전력을 고정한 후 시간을 변화시켜 시간의 변화에 대한 교정 인자 E 의 변화를 측정하였다. 첫 번째 단계에서 전력을 100W로 고정하고 시간을 5초, 15초, 25초, 두 번째 단계에서는 전력을 500W로 고정하고 시간을 1초, 3초, 5초로 변화시켜 측정하였다.

실험 결과 전기 에너지의 변화와 입력 시간에 따른 변화의 결과에서 칼로리미터의 교정 인자는 100W 범위에서 약 489.13(J/mV)이고 500W 범위에서 약 497.04(J/mV)이었다.

III. 요약

최근 넓은 분야에서 다양한 응용을 가진 고출력 CO₂ 레이저 Nd:YAG 레이저의 출력을 자동

계측하기 위해 National Instrument사의 LabVIEW를 이용하여 프로그램을 작성하고 이를 이용하여 장치의 성능을 평가하였다.

칼로리미터의 교정 인자는 100W 범위에서 약 489.13J/mV이고 500W 범위에서 약 497.04J/mV로 측정되었다.

참고문헌

- [1] 김용완, 신동주, 최중운, 정영봉, 이인원, "레이저 출력 측정을 위한 열량계 제작 및 특성 평가", 응용물리 Vol. 9, number 4, pp. 435~439,(1996)
- [2] E.D. West, W. E. Case, A. L. Rasmussen, and L. B. Schmidt, "A reference calorimeter for laser energy measurement", J. Res. Nat. Bur. Stand.(U. S.), 76A(Phys. and Chem.), NO 1, p13, (Jan.-Feb., 1972)