

온도 및 전류의 과도응답 제어가 가능한 SOA Driver에 관한 연구

(A Study on SOA Driver with Capability to Control Current and Temperature Transient Response)

엄진섭*

(Jinseob Eom)

Abstract

In this paper, SOA Current and Temperature Driver which consisted of LabVIEW programming part capable of current and temperature transient response pattern design, DAQ module for analog voltage in&out, and voltage to current converting chips has realized. The output current(possible to 3A) from the Driver to SOA was clearly constant without ripple and also showed no variance until 1mA unit for a long time operation. The temperature of TEC took several seconds to reach a set temperature, and were maintained stably within $\pm 0.1^\circ\text{C}$ for several hours. The proposed Driver can replace the previous high cost SOA Drivers for wavelength swept lasers fully and provides the convenience of transient response design capability for current and temperature.

Key Words : SOA Driver, Constant Current, Constant Temperature, Transient Response Pattern Design

1. 서 론

광 간섭 단층촬영(Optical Coherence Tomography, OCT)은 저 간섭성 광원과 간섭계를 이용하여 생체 내부 영상을 구현하는 차세대 영상기술이다. OCT는 마이크로미터 단위의 해상도를 가지며 생체 내부 영상을 비 절개, 비 침습적으로 획득할 수 있다. OCT는 시스템의 원리와 구조에 따라서 시간영역(Time

Domain, TD)과 주파수영역(Frequency Domain, FD)으로 분류할 수 있다. TD-OCT는 간섭계의 기준단(Reference Arm)길이를 가변함으로써 깊이정보를 획득하여 영상을 구현한다. FD-OCT는 기준단의 물리적인 동작 없이 빛을 각각의 파장대별로 분리시켜 검출한 후, 푸리에 변환(Fourier Transform)을 통하여 깊이정보를 획득하는 방법, 또는 파장가변 레이저를 광원으로 사용하여 샘플(sample)깊이에 따른 비트신호(Beat Signal)를 획득, 이를 푸리에 변환함으로써 깊이 정보를 획득하는 방법(Swept Source -Optical Coherence Tomography, SS-OCT)으로 나누어진다. 요즘에는 속도와 영상품질 면에서 우수한 SS-OCT 기술이 주목받고 있다.

SS-OCT 시스템 영상의 성능을 결정하는 중요한

* 주저자 : 강원대학교 전자공학과 교수
* Main author : Kangwon National University Dept. of Electronics Eng., Professor
Tel : 033-250-6327, Fax : 033-250-4462
E-mail : jeom@kangwon.ac.kr
접수일자 : 2013년 10월 9일
1차심사 : 2013년 10월 23일
심사완료 : 2013년 12월 20일

구성요소는 광원에 해당하는 파장 스위핑 레이저(Wavelength Swept Laser)이다. 그런데 파장 스위핑 레이저의 균일한 고출력 발진 및 광대역 파장 스위핑 특성은 시스템의 구성부품중 하나인 SOA(Semiconductor Optical Amplifier)의 동작 성능에 의해 크게 좌우된다. SOA는 ASE(Amplified Spontaneous Emission)를 방출하며 아울러 이를 통과하는 광을 증폭시키는 역할을 하는 매우 고가의 소자이다.

SS-OCT의 원활한 작동을 위해서는 일반적으로 파장 스위핑 레이저로부터 10mW급의 강한 광 출력이 일정하게 공급되어야 한다. 이를 위해서는 SOA에 수백 mA의 전류가 안정적으로 그리고 리플 없이 일정하게 인가되어야 하며 SOA의 온도가 일정하게 유지되어야 한다[1]. 그리고 고가인 SOA의 긴 수명을 위하여 전류 ON 시에 충분한 과도응답 시간이 필요하며 전류 OFF시에도 충분한 과도응답 시간을 거쳐 전류가 차단되어야 한다. 이외에도 세팅된 온도로 가능한 빨리 도달하여야 하며 SOA가 작동되는 동안 SOA의 온도를 일정하게 유지하여 온도에 따른 출력 광 파워의 변동이 없어야 한다. 이들은 파장 스위핑 레이저의 성능 및 SS-OCT 시스템의 영상품질을 높이며 장비의 긴 수명을 보장하기 위하여 요구되는 중요사항들이다[1,5].

SOA를 안정적으로 구동하기 위해서는 전류를 일정하게 공급해주는 정전류원 및 온도를 일정하게 유지시켜주는 TEC(Thermal Electric Cooler)가 함께 작동되어야 한다. 나아가 전류 및 온도의 적절한 과도응답 특성은 고가의 SOA를 장기간 안전하게 사용하기 위하여 필요하다.

기존에 사용하였던 SOA 드라이버는 ThorLabs사 제품(약 300만원대)으로 컴퓨터를 통하여 전류를 수동으로 조정해야하는 번거로움이 있었다. 그러나 상용 SS-OCT 제품에서는 시스템 ON과 동시에 자동적으로 드라이버가 작동하도록 구성되어야 한다. 본 논문에서는 이를 위하여 과도응답을 포함한 전류 패턴의 설계가 가능하며 정해진 패턴에 따라 전류 ON, 전류 유지, 전류 OFF를 제공하는 범용성 정전류원을 개발하였고 이와 연계하여 프로그램상의 PID(Proportional Integral Differential) 계수 조정을

통하여 온도의 과도응답을 제어할 수 있으며 다양한 소자에 적용 가능한 열전냉각기 제어기를 개발하였다. 아울러 정전류원과 열전냉각기 제어기를 하나의 보드로 통합하여 저가의 SOA 드라이버를 제작하였다. 이는 기존의 고가의 SOA 드라이버를 대체할 수 있으며, SOA뿐만 아니라 레이저 다이오드, LED를 비롯한 다양한 광원 소자에도 간단히 프로그램 변수 조절을 통하여 적용될 수 있다.

2. 시스템의 구성 및 작동원리

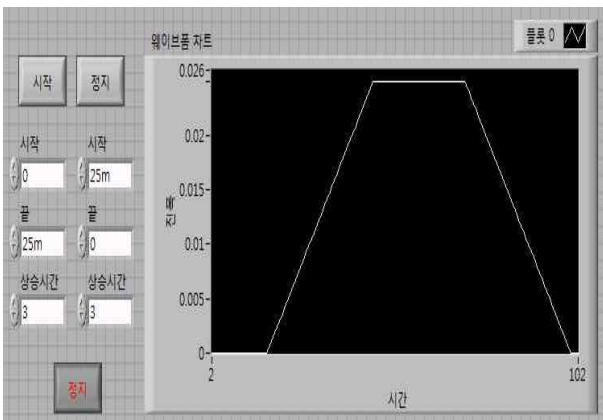
SS-OCT를 위한 파장 스위핑 레이저를 작동시킬 때 SOA에는 약 600mA의 높은 전류가 공급되어야 한다. 이는 SOA에 열을 발생시키는데 이 열을 방치하면 SOA의 출력 광파워가 저하된다. 그러면 광 파워를 증가시키기 위하여 더 높은 전류를 흘려주어야 하며 이는 더 높은 열을 발생시키는 악순환이 반복되며 궁극적으로 고가인 SOA의 수명에 영향을 미치게 된다. 또한 계절에 따른 주변 온도 변화로 인하여 SOA의 온도가 변하게 되고 이도 역시 SOA의 광 출력파워에 영향을 미치게 된다. 이로부터 SOA를 안정적으로 구동하기 위해서는 SOA의 온도를 상온인 25°C로 일정하게 유지시켜주는 열전냉각기가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 기존에 개발된 SOA 정전류원을 TEC 제어기와 연계하여 SOA의 전류 및 온도의 과도응답 패턴을 설계할 수 있으며 세팅된 값으로 안정적으로 구동하는 종합형 SOA Driver를 구현 및 제작하였다.

2.1 LabVIEW 프로그램

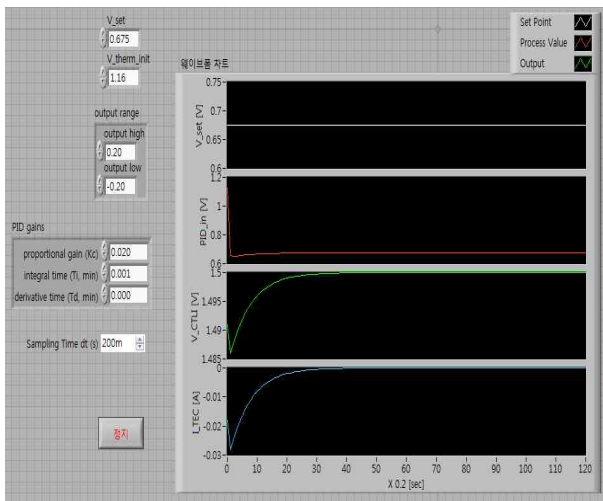
LabVIEW 프로그램부에서는 전류 및 온도의 과도응답을 포함하는 전체 패턴을 제어할 수 있다.

먼저 전류를 제어하는 부분을 설명하도록 한다. 전류의 과도응답 특성으로는 선형 램프함수를 사용하였다. 설계된 전류 패턴은 USB-6009 DAQ 모듈을 통하여 동일한 패턴의 전압으로 출력되는데 이는 전압-전류 변환회로에 제어전압으로서 인가된다. LabVIEW 프로그램에서 전류제어를 위한 프론트 패널(그림 1의 (a))을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 DAQ 어시스턴스

함수를 사용하여 DAQ 보드인 USB-6009의 아날로그 출력 채널 및 필요변수들을 설정한다. 프론트 패널에서 시작 버튼을 클릭하면 과도응답으로서 선형 램프 함수를 사용하여 증가형 램프 데이터 배열을 마련한다. 배열의 개수는 증가 경과시간(sec)의 10배에 해당하고 각 배열에는 시작 전압(보통 0V)부터 목표 전압(mV)까지를 배열의 개수만큼 선형 분배한 값이 저장된다.



(a)



(b)

그림 1. (a) LabVIEW 전류제어 프로그램의 프론트패널
 (b) LabVIEW 온도제어 프로그램의 프론트패널
 Fig. 1. (a) Front panel of Current Control LabVIEW program,
 (b) Front panel of Temperature Control LabVIEW program

다음으로 각 배열값은 설정된 아날로그 출력 채널을 통하여 100ms의 간격으로 외부의 전압-전류 변환회로에 인가된다. 마지막 배열 값은 목표 전압이 되며 프론트 패널에서 정지 버튼을 클릭하기 전까지는 동일한 값이 계속 출력된다. 정지 버튼을 클릭하면 시작 버튼 때와는 역으로 과도응답으로서 감소형 램프 데이터 배열을 마련한다. 배열의 갯수는 감소 경과시간(sec)의 10배에 해당하고 각 배열에는 시작 전압(mV)부터 목표 전압까지(보통 0V)를 배열의 개수만큼 선형 분배한 값이 저장된다. 다음으로 각 배열값은 100ms의 간격으로 외부의 전압-전류 변환회로에 인가된다. 마지막 배열 값은 목표 전압이 되며 프론트 패널에서 시작 버튼을 다시 클릭하기 전까지 0V가 계속 출력된다[5].

온도를 제어하는 부분은 과도응답을 포함하여 온도를 제어하기 위한 온도제어 프론트패널을 그림 1 (b)에서 보였다. 프로그램은 USB-6009의 아날로그 입력 포트를 사용하여 $V_{thermistor}$ 값을 읽어 들이며 이를 바탕으로 현재의 온도를 계산한다. 그리고 설계된 과도응답 특성을 가지는 PID 제어를 통하여 새로운 V_{CTLI} 를 계산하며 이를 USB-6009의 아날로그 출력 포트를 통하여 MAX1968 칩에 인가한다. MAX1968 칩은 V_{CTLI} 입력에 상응하는 전류 I_{TEC} 를 TEC 모듈에 흘려준다. 이는 TEC의 온도를 변동시키고 이로 말미암아 다시 $V_{thermistor}$ 의 값이 바뀐다. 이러한 과도응답 과정을 통하여 세팅된 온도로 빠르게 수렴하게 된다.

2.2 LabVIEW DAQ 모듈

본 논문에서 사용한 DAQ 모듈인 NI USB-6009는 USB를 사용하여 컴퓨터와 연결되며, 저가이면서 bus-powered multifunction 특성을 지닌다. 구체적인 사양은 다음과 같다. 8개의 아날로그 입력(14 비트, 48 kS/s), 2개의 아날로그 출력(12 비트, 150 S/s), 12개의 디지털 I/O, 그리고 32비트 카운터로 구성된다.

2.3 TEC 제어

본 논문에서는 온도에 따른 TEC 공급전류를 제

어하기 위하여 MAXIM사의 MAX1968 모듈칩을 사용하였다. MAX1968 칩의 제원은 On-Chip Power MOS FETs, $\pm 3A$ Output Current, 1% Accurate Voltage Reference, ITEC Output Monitors TEC Current, Temp Range : $-40^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ 이다[6].

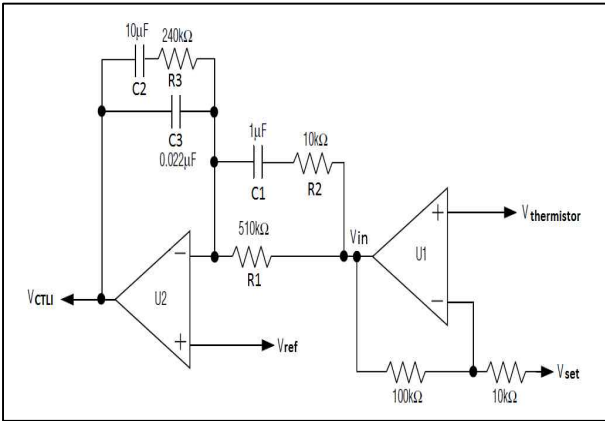


그림 2. PID 제어를 위한 기존의 하드웨어 회로부분
Fig. 2. Previous Hardware Part Circuit for PID Control

본 논문에서는 MAX1968 칩과 TEC 및 NTC Thermistor는 그대로 사용하고 PID 제어를 위한 기존의 하드웨어 부분을 LabVIEW 프로그램으로 대체하고자 한다.

이는 PID 하드웨어 회로부분에 대한 분석을 요구한다. MAX1968 칩의 데이터시트에서 소개된 Peltier TEC 모듈 구성회로는 그림 2와 같다.

그림 2의 Op Amp 회로에 대하여 분석하면 다음과 같다.

$$V_{in} = (1+G) \cdot V_{thermistor} - G \cdot V_{set} \quad (1)$$

여기서 G 는 Op Amp U1의 전압이득이며 그림으로부터 $G = \frac{100k}{10k} = 10$ 으로 주어진다.

그림 2의 왼쪽에 있는 Op Amp U2 부분은 PID 제어를 위한 부분이다. V_{CTLI} 전압은 TEC에 인가될 PID 제어전압으로서 다음과 같이 주어진다.

$$V_{CTLI} = \left(1 + \frac{B}{A}\right) V_{ref} - \frac{B}{A} V_{\infty} \quad (2)$$

$$= V_{ref} - \frac{B}{A} (V_{\infty} - V_{ref})$$

여기서 $A = (C_1 // R_2) \perp R_1$ 이며, $B = (C_2 // R_3) \perp C_3$ 이다. 그리고 MAX1968 칩의 자료로부터 $V_{ref} = 1.5V$ 이다.

위의 회로분석을 바탕으로 PID 제어부분을 구성하고 이를 MAX1968 및 TEC 그리고 Thermistor와 연계하면 TEC 제어기를 구현할 수 있다. PID 제어는 LabVIEW의 General PID 함수를 이용하였으며 V_{CTLI} 출력전압은 USB-6009 모듈을 통하여 MAX1968 칩에 인가된다.

MAX1968 및 TEC 모듈, 그리고 NTC Thermistor를 직접 사용하기 전에 TEC 제어기 동작 시뮬레이션을 먼저 수행하기 위하여 MAX1968 및 TEC 모듈, 그리고 NTC Thermistor의 동작특성을 나타내는 식들을 사용하였다.

MAX1968 자료로부터 TEC에 인가되는 전류는 아래와 같다.

$$I_{TEC} = \frac{V_{CTLI} - V_{ref}}{10 \times 50m\Omega} = \frac{V_{CTLI} - 1.5}{0.5} \quad (3)$$

일반적으로 전류 I_{TEC} 에 따른 TEC 온도 $T[^{\circ}C]$ 는

$$T = -53 \cdot I_{TEC} + 25 \quad (4)$$

로 주어진다.

그리고 온도 $T^{\circ}C$ 일 때 NTC Thermistor의 저항값은 일반적으로 다음과 같다.

$$R_{thermistor} \quad (5)$$

$$= R_{0,25^{\circ}C} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{25+273} \right) \right]$$

$$= 10k\Omega \cdot \exp \left[3892 \left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{25+273} \right) \right]$$

따라서 TEC 구성회로부터 NTC Thermistor에 걸리는 전압은

$$V_{thermistor} = \frac{R_{thermistor}}{10k\Omega + R_{thermistor}} \times V_{ref} \quad (6)$$

$$= \frac{R_{thermistor}}{10k\Omega + R_{thermistor}} \times 1.5$$

로 주어진다.

시뮬레이션의 한 예로서, TEC의 온도를 25°C로 세팅하고자 할 때 이에 해당하는 $V_{set, 25^\circ C}$ 를 구하기 위하여 위의 식들을 이용하는 과정을 아래에 보인다.

TEC의 온도를 25°C로 세팅하고자 하면 식 (4)로부터 $I_{TEC, 25^\circ C} = 0$ 가 되어야 한다. 이를 식 (3)에 적용하면 $V_{CTLL, 25^\circ C} = 1.5V$ 가 얻어진다. 다시 식 (2)로부터 $V_{in, 25^\circ C} = V_{ref} = 1.5V$ 가 되어야 한다. 그리고 25°C에서 $R_{thermistor, 25^\circ C} = 10k\Omega$ 이므로 식 (6)으로부터

$$V_{thermistor, 25^\circ C} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} \times 1.5 = 0.75V \text{ 로 주어진다. 따라서 식 (1)에서}$$

$$V_{set, 25^\circ C} = (1 + G) \cdot V_{thermistor, 25^\circ C} - \frac{V_{\epsilon, 25^\circ C}}{G} = 0.675V$$

로 주어진다.

이를 이용하여 LabVIEW 프로그램을 구성하고 이를 시뮬레이션하면 그림 1 (b)와 같은 결과가 얻어진다.

TEC의 처음 온도는 0°C로 하였으며 목표 온도는 25°C로 세팅하였다. 그리고 $V_{thermistor}$ 측정 시간 간격은 $\Delta t = 200ms$ 로 하였다. 시뮬레이션에서는 PID 계수로서 $P = 0.02, I = 0.001, D = 0$ 을 사용하였다. 시뮬레이션 결과 처음 온도인 0°C에서 세팅 온도인 25°C 까지 도달하는데 걸리는 시간은 약 $30 \times 0.2[sec] = 6[sec]$ 가 소요되었고, 그 후부터는 안정적으로 25°C를 유지하는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션에서 사용된 PID 계수들은 실제 제작될 열전냉각 제어기의 초기 PID 계수로서 고려될 수 있다.

3. 실험 결과 및 검토

본 논문에서는 SOA의 전류 및 온도의 과도응답을 제어할 수 있고 세팅값을 안정하게 유지할 수 있는 종합형 SOA Driver를 구현하였으며 이를 그림 3에 보였다.

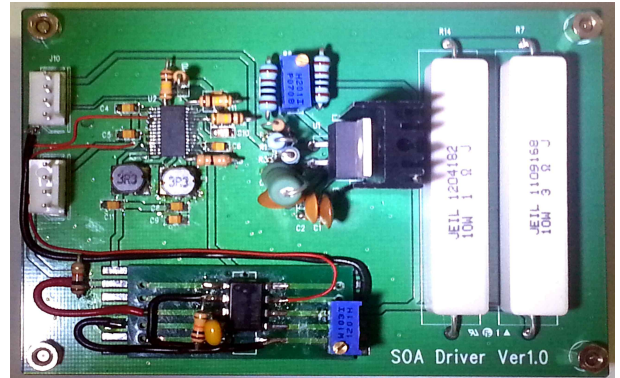


그림 3. 제작된 SOA Driver
Fig. 3. Realized SOA Driver

그림 4는 이를 이용한 실험 set-up을 보여준다. 그림 5는 제작된 driver를 작동시킨 후 LeCroy Wave Runner 104MXi 오실로스코프를 사용하여 출력 전류의 파형을 정밀하게 측정된 결과를 보여준다.

이를 통하여 제작된 driver가 사전 설계된 전류 패턴과 동일하게 전류를 공급하는 것을 확인할 수 있다.

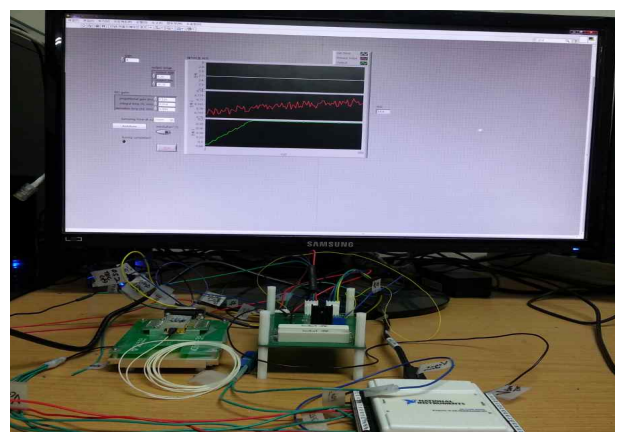


그림 4. SOA Driver 실험을 위한 set-up
Fig. 4. Experimental set-up for SOA Driver

LabVIEW 프로그램의 프론트 패널에 있는 시작 버튼을 누름과 동시에 USB-6009 모듈의 아날로그 출력 채널로부터 과도응답을 포함한 전류패턴에 해당하는 제어전압이 출력된다. 이 전압은 3초(경과시간 조정 가능함) 동안에 0V에서 25mV까지 선형적으로 증가되며, 이후로는 25mV를 유지한다. 제어전압이 전압-전류 변환회로에 인가되면 그림 5에서 보여진 것처럼 제어전압과 동일한 패턴의 전류가 안전하게 흐르게 되며 궁극적으로는 50mA의 전류가 일정하게 공급됨을 알 수 있다. 프론트 패널상의 정지 버튼을 클릭하면 제어 전압은 3초(경과시간 조정 가능함) 동안에 25mV에서 0V까지 선형적으로 감소하며 이와 동일한 패턴으로 전류가 50mA에서 0A까지 완만하게 감소함을 알 수 있다. 따라서 제안된 방식은 평탄한 전류특성뿐만 아니라 안전한 과도응답 과정도 얻을 수 있다. 그러나 일반적인 디지털 Dimming 방식은 일정한 전류 공급을 필요로 하는 SOA Dimming에는 부적합하다[3,5].

그림에서 보여진 것처럼 출력 전류의 파형은 오랜 시간에 걸쳐 1mA 자리까지 변동이 없으며, 리플이 없는 깨끗한 정전류임을 알 수 있었다. 이는 기존에 수동으로 전류를 조정하는 불편함을 개선하고 설계된 과도응답 특성을 포함하는 전체 전류패턴에 따라 자동으로 전류를 공급하는 편리성 및 안전성을 제공할 수 있음을 보여준다.



그림 5. 제작된 SOA Driver의 전류패턴 측정
Fig. 5. Measurement of current pattern from SOA Driver realized

온도 제어 실험에 필요한 TEC와 Thermistor는 SOA 패키지에 내장된 부품을 사용하였다. LabVIEW 프로그램을 실행시키면 프로그램은 USB-6009의 아날로그 입력 포트를 사용하여 $V_{thermistor}$ 값을 읽어 들이며 이를 바탕으로 현재의 온도값을 계산하여 프론트패널의 온도표시 위치에 디스플레이 시킨다. 그리고 원하는 과도응답 특성을 가지도록 설계된 PID 제어를 통하여 새로운 V_{CTLI} 를 계산하며 이를 USB-6009의 아날로그 출력 포트를 통하여 MAX1968 칩에 인가한다. MAX1968 칩은 V_{CTLI} 입력에 상응하는 전류 I_{TEC} 를 TEC 모듈에 흘려준다. 이는 TEC의 온도를 변동시키고 이로 말미암아 다시 $V_{thermistor}$ 의 값이 바뀐다.

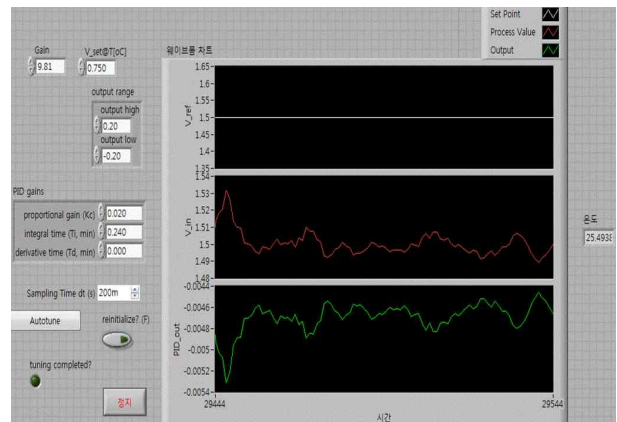


그림 6. 제작된 SOA Driver의 온도 수렴과정 측정
Fig. 6. Measurement of temperature stabilization of SOA Driver realized

그림 6은 PID 계수로서 $P = 0.02$, $I = 0.24$, $D = 0$ 을 사용하여 실제로 측정한 온도 안정화 과정을 보여준다. 초기 PID 계수로서 시뮬레이션에서 사용되었던 $P = 0.02$, $I = 0.001$, $D = 0$ 을 사용하였지만 온도가 수렴하지 못하고 발산하였다. 이는 시뮬레이션에서 사용된 수식의 상수값들이 실제 SOA의 TEC와 thermistor를 충분히 반영하지 못한 결과라고 사료된다. 실험에서는 P 계수는 유지하되 I 계수를 변화시키며 최적의 과도응답 특성을 모색하였다. PID 계수가 $P = 0.02$, $I = 0.24$, $D = 0$ 인 경우 현재온도인 20 °C에서 세팅온도인 25.5 °C까지 충분히 안정화되는데 약 10초

의 시간이 소요되었고, 그 후부터는 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 의 오차내에서 안정적으로 25.5°C 를 수 시간동안 유지되는 것을 확인하였다. 그림 6의 첫번째 그래프는 PID 제어기의 기준 세팅 값이다. 두번째 그래프는 PID 제어기로 입력되는 피드백 전압으로서 기준 세팅 값을 중심으로 상하로 변하면서 수렴하는 것을 보여준다. 세번째 그래프는 PID 제어기의 출력전압으로서 이 역시 상하로 진동하면서 일정값으로 수렴함을 알 수 있다.

이러한 진동이 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 의 온도오차를 가져온다. 그리고 온도가 안정화된 상태에서는 전원공급 장치로부터 약 40mA 의 전류가 일정하게 소요되는 것을 확인하였다. 아래 표 1에 제작된 SOA driver의 측정 결과들을 정리하였다.

표 1. 제작된 SOA driver 측정결과
Table 1. Measurement of SOA Driver realized

구분	과도응답조정	성능
정전류원	가능	<ul style="list-style-type: none"> 최대 공급전류 : 3A 오차 : 수 시간동안 1mA 이내
TEC	가능	<ul style="list-style-type: none"> 안정시의 소모전류 : 40mA 세팅 소요시간 : 10초 오차 : 수 시간동안 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

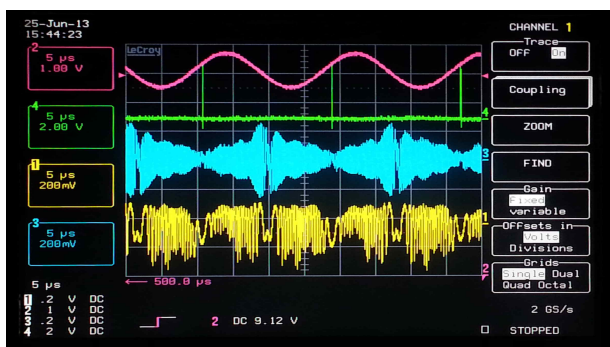


그림 7. 제작된 SOA Driver를 사용한 파장 스위핑 레이저의 출력 파형

Fig. 7. Sweeping Waveform of wavelength swept ring laser using realized SOA Driver

그림 7은 제작된 driver를 파장 스위핑 레이저에 적용한 후에 레이저 및 SS-OCT 시스템 관련파형을 측정된 결과를 보여준다. 첫 번째 파형은 파장 스위핑을

위하여 레이저에 인가되는 정현파 신호이며, 두 번째 파형은 획득된 간섭신호 샘플링을 위한 기준신호이다. 세 번째 파형은 레이저 출력광의 파장 스위핑을 시간 축으로 측정한 파형이며, 네 번째 파형은 획득된 간섭 신호의 한 예를 보여준다. 이와 같은 고효율 광대역 스위핑 특성을 지니는 파장 스위핑 링 레이저 기술은 SS-OCT 뿐만 아니라 기존의 다른 분광학 장치의 광 원으로도 응용될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 논문에서는 전류 및 온도의 과도응답 특성을 설계할 수 있고 주어진 세팅값으로 전류 및 온도를 안정적으로 유지할 수 있는 종합형 SOA Driver를 구현하였다. 제작된 정전류원의 출력 전류(최대 3A)는 리플이 없는 깨끗한 정전류이었으며 오랜 시간동안 1mA 자리까지도 변동이 없음을 확인하였다. 또한 ON/OFF 시의 과도응답 특성을 확인하였다. 또한 제작된 열전 냉각 제어기는 PID 계수조정을 통한 과도응답 조정이 가능하며 세팅 온도에 도달하는데 수초가 걸렸다. 그리고 세팅값의 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 범위 내에서 수 시간동안 온도가 안정되게 유지됨을 확인하였다.

제작된 SOA 드라이버는 기존의 고가 SOA 드라이버를 대체할 수 있다. 나아가 SOA 뿐만 아니라 레이저 다이오드, LED를 비롯한 다양한 광원 소자에 간단한 프로그램 변수 조절을 통하여 손쉬운 적용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업 및 2013년도 강원대학교 학술 연구조성비(과제번호 -120131261) 사업의 연구결과입니다.

References

[1] Jinseob Eom, "Realization of Swept Source-Optical Coherence Tomography using FDM Laser", Journal of Sensor Science and Technology, vol. 20, No. 1, pp. 46~52, 2011.

- [2] Soo-Bin Han, Suck-In Park, Eugene Song, Hak-Guen Jeoung, Bong-Man Jung, Sung-Won You, "Modeling and Simulation of LED Driver", Proceedings of KIEE Annual Conference, pp. 113~115(3pages), 2008.
- [3] Soo-Bin Han, Suck-In Park, Hak-Guen Jeoung, Su-Young Chae, Eu-Jin Song, Bong-Man Jung, "A Study on the Modeling and Simulation of LED Driver Using HV9910 IC", Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 26(4), pp. 14~21, 2012.
- [4] W. J. Yoo, I. Y. Heo, D. h. Cho, K. W. Jang, J. K. Seo, B. S. Lee, Y. H. Cho, J. H. Moon, B. G. Park, "Fiber-optic sensor, optical fiber, optical sensor, pH sensor, phenol red", Journal of Sensor Science and Technology, vol. 18, No. 5, pp. 365~371, 2009.
- [5] J, C, Lee · J, S, Eom, "A Study on SOA Dimming Driver with Current Pattern Design Capability" Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 27(2), pp. 22~28, 2013.
- [6] Maxim Integrated Products Data sheets "Power Drivers for Peltier TEC Modules" MAX1968/MAX1969, pp. 1~13, Rev 2, 2007.

◇ 저자소개 ◇



엄진섭 (嚴震燮)

1959년 2월 20일생. 1982년 서울대학교 전자공학과 졸업. 1984년 서울대학교 전자공학과 졸업(석사). 1990년 미국 Texas A&M University, Dept. of Electrical Eng. 졸업(박사). 1984년 3월~1985년 2월 금성반도체 연구소 전임연구원. 1985년 5월~1987년 7월 KT 품질보증단 전임연구원. 1991년 3월~1992년 8월 KT연구소 전임연구원. 1992년 8월~현재 강원대학교 전자공학과 교수.
주관심분야 : 광통신, 광센싱, 광교환