의료기기용 고속 고출력 레이저 다이오드 드라이버 개발

안 준 선*

A Study On the High Speed High Power LD Driver for Medical Application

Joon-seon Ahn*

요 약 본 논문은 고속 고출력 레이저 다이오드(Laser Diode: LD) 구동에 사용되는 펄스형 전원장치의 개발에 관하여 논 하였다. 고속 고출력 레이저는 주로 가공기기나 의료기기 등에 응용되고 있어 그 사용 범위가 넓어지는 추세이나 관련된 기술에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않은 편이다. 본 연구에서는 고속 고출력 LD의 구동에 적합한 LLC컨버터에 관한 연구를 수행 하였으며 특히 LD의 수명을 고려하여 구동 전류의 주파수를 유지하며 인가되는 전류의 크기를 임계전류를 고려한 방식으로 설계하여 드라이버 설계를 수행하였으며 그 결과를 실험을 통하여 확인하였다.

ABSTRACT In this paper, pulse current type power supply for laser diode dirver is discussed. High speed high power laser has been using widely because it becomes using on medical or manufacturing equipment, but researches have not being occurred actively. Current profiling method is proposed for improved lifetime expectancy of laser diode(LD). The current waveform of driving LD is most important factor of the performance and lifetime of LD. The proposed method improves shape and stability of current waveforms, thus will effect right direction of lifetime expectation.

Keywords : laser diode, LLC converter, high speed pulse power, medical device

Ⅰ. 서 론

레이저는 그 발명 이후 우주, 국방, 측정 등 특수한 분야에서부터 이용되기 시작하여 현재는 가공, 치료, 통신, 조명, 기록 저장 등 여러 분야에서 쓰이고 있으며 그 추세는 증가 일로에 있다. 이에 따라 다양한 발진 방식의 개발과 초소용량에서 대출력까지 광범위한 제품의 개발이 이루어지고 있으며 그에 필요한 관련 기술의 개발 역시 동시에 이루어지고 있다.

의료기기 분야에서도 레이저를 이용한 수술 및 시술을 위한 기기의 개발이 활발히 이루어지고 있는데 이는 레이저의 여러 특징-예를 들면, 수술용 메스의 경우 절개 및 응고를 동시에 구현-이 기존의 기구 및 방식들로는 구현하기 어렵다는 장점을 가지고 있기 때문이다. 이에 따라 레이저를 이용한 여러 의료용 도구들이 개발되어 활용되고 있으며 관련된 산업 역시 성장 추세에 있다.

그러나 이러한 배경에도 불구하고 국내의 관련 분야에 대한 기술 개발 혹은 연구의 방향은 주로 저출력 기록 저장장치의 응용 분야에 국한되어 개발되고 있으며 관련 제품 역시 해당 분야에 국한되어 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 사정으로 기록 저장장치 외에 일부 분야를 제외하면 레이저를 응용한 제품의 개발은 활발

* Corresponding Author: Electronic Engineering Professor of Chungwoon University (huiwuyin@gmail.com)
Received : November 03, 2014 Revised : November 19. 2014 Accepted : December 1. 2014

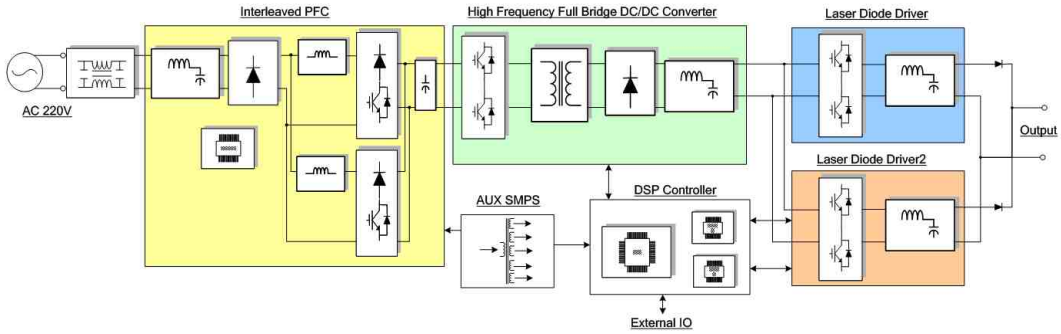

그림 1. 2.5㎾급 LD 드라이버의 구성
Fig. 1. Schemes of Laser Diode Dirver(2.5㎾)

히 이루어지고 있으나 정작 핵심 부품이라 할 수 있는 레이저 및 레이저 구동 관련한 기술의 개발이나 연구의 수행은 드물게 이루어져 왔다.

본 논문에서는 의료기기용 고속 고출력 특성을 가지는 레이저 구동용 전원장치에 대한 연구를 수행하였다. 특히 고가의 레이저 다이오드의 수명을 고려하기 위하여 구동 전류 인가방식을 기존의 출력전류 인가방식과 달리 임계전류를 고려한 프로파일 인가방식을 적용하였다. 레이저 다이오드의 경우 임계전류 이상으로 구동해야 레이저 발진이 일어나기 때문에 임계전류 이하로 구동할 시에는 출력 되지 않으나, 임계전류 이상 전류가 흐르게 되면 급격한 출력의 증가가 발생하게 된다. 또한 정격 이상의 전류를 인가할 경우 다이오드의 수명이 급격히 단축되기 때문에 정격전류 이내로 구동하는 것이 매우 중요하고, 다이오드가 구동 시의 온도에 또한 매우 민감하기 때문에 온도가 상승되는 경우 전압 강하 역시 비례적으로 발생되어 손실의 증가가 발생하며, 정전류 구동의 경우 정격 이상의 출력이 발생되어 수명 저하로 이어지게 된다.

레이저 다이오드의 이러한 구동 특성 때문에 구동 전원의 전류 파형의 안정성은 매우 중요하며, 본 논문에서는 이러한 안정성을 개선하기 위해 앞서 언급한 프로그래머블한 프로파일을 가지는 전류 구동전원을 제안하였고 시뮬레이션과 실험을 통해 이를 검증 하였다.[1]~[5]

Ⅱ. 2.5㎾급 LD 드라이버의 구성

그림 1에 LD 구동을 위한 구동 드라이버의 구성을 나타내었다. 입력 단에는 효율 개선을 위해서 interleave 방식의 PFC로 구성하였고 이는 LD 드라이버에 전원을 공급하기 위한 full-bridge 방식의 DC-DC 컨버터와 접속된다. LD의 구동은 대 전류로 이루어지기 때문에 전류 구동용 드라이버를 별도로 구성하였으며, 정

표 1. 2.5㎾ LD Driver의 주요 기술 개발 내용
Table 1. The Specification of 2.5㎾ LD Drive

항 목 \ 내 용		범 위
DC-DC 컨버터	출력전압	24V
	출력전류	115A
레이저 다이오드 드라이버	최대 다이오드 온전압	20V
	최대 출력 전류	125A
	출력 펄스의 최대 상승시간	<5㎲
	펄스 최대 폭	>50㎲
	출력 최대 주파수	10㎑~continuous
	최대 시비율	100%
	출력 펄스 리플률	< 2%
	냉각방식	강제 풍냉식

격전류 및 바이어스 전류용 드라이버를 별도로 구성하여 전류 인가의 프로파일링이 가능하도록 하였다.

표 1에는 본 논문에서 제안한 LD 드라이버의 주요 제원을 나타내었다. 연구의 대상이 된 다이오드의 정격 전류를 고려하여 정격 전류치를 결정 하였으며, 출력의 전류는 25A/μs 이내의 di/dt로 설계 하였으며 continuous 출력까지 감당할 수 있도록 제어기를 설계하였다.[6]

Ⅲ. 시뮬레이션 및 실험

1. 시뮬레이션

설계된 회로정수에 의한 회로의 동작을 확인하기 위해 PSIM을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2에 시뮬레이션 모델을 나타 내었으며, 주요 수동소자의 설계치만을 검증하기 위한 간략회된 모델을 적용하였으며, 그 결과는 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 출력 전류의 파형은 표 1의 설계 시방을 만족하는 것으로 나타내고 있으나 간략화된 모델을 적용한 결과이기 때문에 실험적인 검증이 필수적이며 이에 따라 실 모델을 제작하여 검증을 수행하였다.

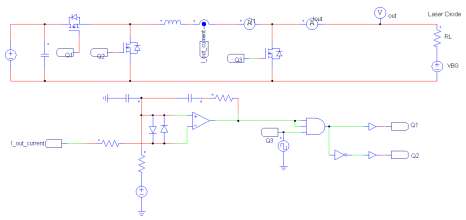

그림 2. 시뮬레이션 모델

Fig. 2. Simulation Model using PSIM

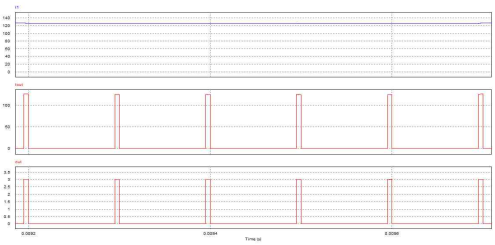

그림 3. 시뮬레이션 결과파형 (CH1: DC 전류(20A/div), CH2: 출력 전류(50A/div), CH3: 출력전압(0.5V/div))

Fig. 3. Simulation Results (CH1: DC Current(20A/div), CH2: Output current(50A/div), CH3: Output Voltage(0.5V/div))

2. 실험

본 제안 모델을 검증하기 위한 실험을 수행하였다. 그림 4에 실험 수행을 위한 실험 세팅을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 부하는 정확한 조건에서의 동작을 판단하기 위해서 등가 다이오드를 연결하여 수행 하였으며 그 결과를 그림 5에 나타내었다.

그림 5에서 보는 바와 같이 전류 파형이 설계된 시방 이내로 잘 동작하고 있음을 알 수 있으며 특히 출력 전류 파형의 경우 펄스 상승 시간이 5μs 이내로 유지되고 있음을 볼 수 있다.

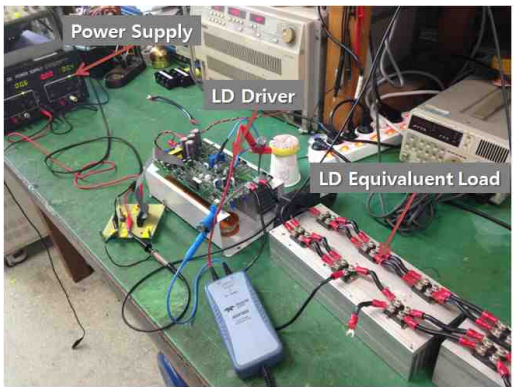

그림 4. 실험 장치 Set-up

Fig. 4. Experimental Set-up

그림 5. 실험 결과 (CH1-황색_아래: 출력전류(100A/div), CH2-적색_위: Trigger 신호)

Fig. 5. Experimental Output Waveforms (CH1: Output Current(100A/div, yellow), CH2: Trigger signal(red))

V. 결 론

본 논문에서는 고출력 레이저 다이오드의 구동을 위한 고속, 고출력의 펄스형 전원장치의 개발에 대하여 논 하였다. 특히 LD의 수명에 큰 영향을 미치는 전류 파형을 개선하기 위해 바이어스 전류를 활용한 전류 프로파일 공급용 드라이버를 추가하여 LD의 수명을 향상시키기 위해 노력하였다. 개발된 드라이버는 그 전류특성이 연구 시방을 만족하고 있음을 실험 결과를 통해 확인할 수 있었으며, 향후 본 연구결과를 확대시켜 바이어스 전류 및 전류 프로파일과 LD 수명과의 연관관계에 대한 연구를 다양한 용량의 레이저 다이오드에 대해 추가적으로 수행하여 전류 프로파일과 다이오드의 수명 연장과의 상관관계를 분석할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 2014학년도 오산대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음.

References

[1] Xingsheng Liu, et. al., "Development of diode lasers for pumping high power ultrashort pulse lasers," CLEO /PACIFIC RIM '09, 2009.

[2] P. Gale, "Estimation Laser Diode Lifetimes and Activation Energy," Application Note #33, ILX Lightwave Co., 2008.

[3] L. Johnson, "Laser Diode Burn-in Reliability Testing," ILX Lightwave Co., 2006.

[4] M. Ott, "Capabilities and Reliability of LEDs and Laser Diodes," Internal NASA Parts and Packaging Publication, April 25, 1996.

[5] White, I.H. et. al., "Ultrashort pulse generation in diode laser devices," Photonics Conference (IPC), 2012.

[6] Single Emitter Diode Lasers, datasheet, Jenoptik, 2014.

저자약력

안준선 (Joon-seon Ahn) **정회원**

1993년 한양대학교 전기공학과 졸업.
2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박).
2008년~현재 오산대학교 전기과 부교수

<관심분야> 전력전자, 전동기제어