

다수 스위칭 제어를 통한 Multi-Discharge방식의 고체레이저 출력파형 연구

곽수영, 김상길, 흥정환, 노기경, 강욱, 김희제
부산대학교 전기공학과

A study of the output waveform of solid-state laser of multi-discharge method by various switching control

S. Y. Kwak, S. G. Kim, J. H. Hong, K. K. Noh, U. Kang, H. J. Kim
Dept. of Electrical Eng. Pusan National Univ.

Abstract - In manufacturing processes, various and suitable pulse shapes are required for the purpose of material processing. In order to make various pulse shapes with variable pulse length and high duty cycle, We have fabricated the power supply consisting 6 SCRs and the Pulse Forming Network(PFN) with the precise delay time control. So our control system has three switching circuits, 3 mesh PFN, and simmer circuit. In addition, we have designed and fabricated the PIC one-chip microprocessor(16F877) to control the delay time of sequential switching.

1. 서 론

최근, 정밀하게 제어되는 고체레이저가 산업분야와 의료 분야에서 꼭넓게 사용되고 있다. 더욱이 재료가공분야에서는, 더욱 정교한 레이저 가공기술이 요구되고 있으며, 정확한 가공기술은 많은 산업분야에서 필요로 하고 있다. 가공용 및 의료용으로 사용되는 레이저의 종류로는 Nd:YAG, CO₂, Excimer 레이저 등이 있다. 그 출력형태로는 펄스형, 연속형, Q-스위치형 등이 있다. 이들 레이저는 각각의 특성에 따라 독자적인 용용분야를 가지고 있다. 펄스형 Nd:YAG레이저는 연속형에 비해 높은 효율과 높은 첨두 출력이 얻어지므로 여러 가지 장점이 있다. 더욱이 레이저 출력 펄스 형상 제어가 가능함에 따라 기존의 펄스형상으로는 가공하기 힘든 특수재료에까지 가공이 가능하게 되었다.

펄스 변형방법에는 크게 두 가지가 활용되고 있다. 즉 커페시터나 인덕터를 변화시키는 방법과 스위칭소자(IGBT, SCR, FET, etc.)의 스위칭 시간을 조절하는 방법이 그것이다. 이 방법들은 펄스형상과 폭의 변화가 제한적이고, 스위칭 소자의 제어 시스템이 복잡하므로, 동작시키기가 매우 어렵다. 그러므로, 본 연구에서는 새로운 순차방전방식을 사용하여 펄스폭의 변화를 자유롭게 할 수 있는 방법을 제안한다. 이 방법은 1개의 플래쉬램프를 제어회로에 의해 순차적으로 켜는 것이다. 즉, PIC 원 칩 마이크로 프로세서 기술과 PFN 시스템을 접목시켜, 2단 또는 3단의 회로를 능동적으로 중첩시킴으로써, 다양한 펄스폭을 가지는 고전압의 펄스형상을 만들었다. 이렇게 만들어진 다양한 중첩펄스를 현재 산업용 및 의료용으로 많이 사용되고 있는 레이저에 적용하여 각 단의 스위칭에 인가되는 트리거 신호의 지연시간에 따른 레이저 빔의 출력 특성을 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 레이저 시스템의 구성

그림 1은 Nd:YAG 레이저 시스템의 개략도를 나타낸다. 레이저 시스템은 크게 레이저 발진기, 전원장치와 제어장치로 구성된다. 레이저 발진기는 타원형 구조의 레이저 헤드와 그 양쪽에 위치한 두 개의 반사경으로 구성된다. 양쪽의 반사경은 99.5% 이상의 반사율에 꼭률반경

2m의 오목거울인 전반사경(full mirror)과 85%의 반사율에 꼭률반경 ∞ 의 평면 거울인 부분반사경(partial mirror)이다. 레이저 헤드는 방전램프(flashlamp)에서 방사되는 빛을 효율적으로 레이저 매질에 전달시키도록 단일 타원형 실린더를 이용하였으며, 레이저를 계속하여 동작시키게 되면 램프뿐만 아니라 레이저 매질이 가열되어, 매질의 온도 분포에 영향을 주어 굴절률의 공간적 변화를 주기 때문에 출력 멜스 형태가 바뀌며 심할 경우에는 매질에 손상이 갈 수 있다. 이러한 것을 방지하기 위하여 레이저 매질과 램프를 냉각시켜야 하는데 본 연구에서는 냉각 효율이 좋은 수냉식을 사용하였다. 레이저 헤드 내부의 공간을 밀봉하여 냉각수를 흘려주면 램프와 레이저 매질이 각각 냉각수에 접하여 냉각되도록 하였다.

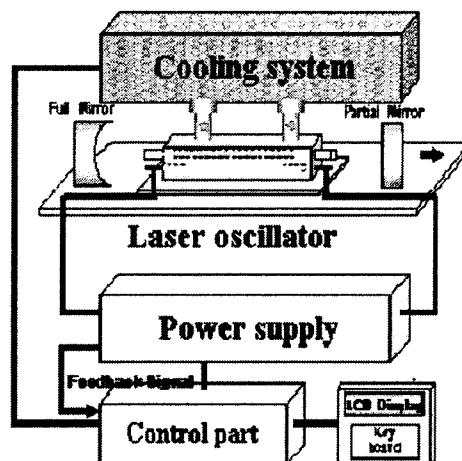


그림 1 레이저 시스템

2.2 Power supply

그림 2는 PFN방식을 사용한 새로운 순차방전방식의 레이저 전원장치이다.

(1) simmer power supply로 플래쉬램프의 양단에 직류 전압 1[KV]를 인가하고, 트리거 펄스회로(peak voltage=15[KV])의 스위치를 turn-on하게 되면, 스트리머 방전이 플래쉬램프에서 유기된다.

(2) SCR S1, S2, S3가 터온되면 PFN의 커페시터에 에너지가 충전되고, 그다음에 SCR S3, S4, S5가 순차적으로 켜진다. 이 때, PFN의 커페시터에 저장된 에너지가 플래쉬램프로 전달되어 램프가 점등된다.

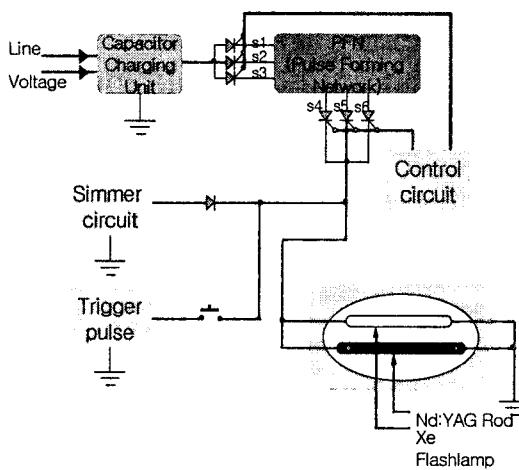


그림 2 레이저 전원회로

2.3 제어회로

그림 3은 PIC one-chip 마이크로프로세서로 구성된 SCR의 시간지연 제어회로를 나타낸다. 이 제어회로는 4 부분으로 구성되어 있다.

키보드 — PIC16F877 — LCD Display

SCR 구동회로 — 전원회로

그림 3 제어부 개략도

- ①시간지연을 입력하는 키보드
- ②입력받은 시간지연을 표시하는 LCD 표시장치
- ③이 제어회로의 가장 핵심인 PIC 마이크로프로세서
- ④SCR을 turn-on시키기 위한 증폭회로

제어 회로의 동작은 다음과 같다. 첫번째로 지연 시간 정보가 키보드를 통하여 입력되면, 이는 PIC에 전달되고, PIC는 정해진 프로그램(program)에 의해 서로 다른 신호를 출력시킨다.

PIC에서 출력되는 신호 중 한 신호는 LCD 디스플레이 신호이고, 다른 신호는 멀티 전원의 스위칭 회로에서 SCR을 각각 원하는 delay 시간을 가지고 트리거(trigger)시키기 위한 트리거 신호이다. SCR 게이트 트리거 신호들은 SCR4를 트리거 시킨 후 키보드를 통해 입력된 시간만큼 정확하게 지연시킨 후 SCR5와 SCR6를 트리거 시키기 위한 SCR 게이트 트리거 신호들을 출력한다.

본 연구에서는 각각의 SCR들의 지연 시간을 원하는 대로 가변 가능하도록 PIC 마이크로프로세서를 프로그램 하였는데, 그 가변 범위는 각각의 SCR4과 SCR5 그리고 SCR5와 SCR6를 0 μ s ~ 500 μ s까지 100 μ s씩 가변할 수 있도록 하였다.

그림 4는 S4와 S5 그리고 S5와 S6를 각 200us씩 delay time을 주었을 때의 각각의 PIC 신호를 오실로스코프로 측정한 파형이다.

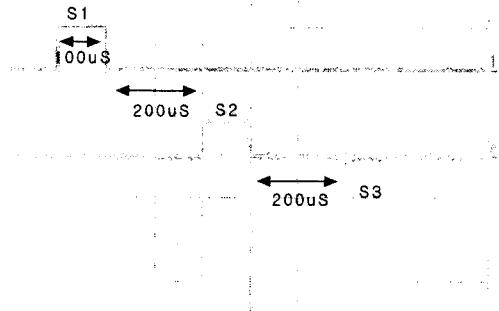


그림 4 DELAY 각 200us 일때 PIC 신호

2.4 실험 방법

실험 방법으로는 각각의 PFN 회로의 콘덴서에 축적된 에너지를 SCR의 스위칭 과정을 통하여 플래시 램프에 그 에너지를 인가하였다. PIC 원 칩 마이크로프로세서를 이용하여 SCR4, SCR5 및 SCR6를 원하는 지연시간에 맞추어 순차적으로 “turn-on”하였다. 따라서 각각의 PFN 회로의 콘덴서에 축적된 에너지가 일정 지연시간을 가지고 순차적으로 인가되었고 각 SCR들의 트리거 도통각의 지연시간을 0 μ s에서 500 μ s까지 변화시켜가며 램프의 전류 파형 모양을 측정하였다.

플래시램프 전류 파형 측정은 C.T.(Transtronic : ES 300C)로 측정하였다.

2.4.1 Delay 0uS 일때의 각 파형

S4만 on 했을 때 인가된 전압에 의해 PFN 회로를 거쳐서 램프에 인가하였을 때의 파형을 측정하였다. 입력 전압이 500[V]일 때 출력 에너지는 약 180 [mJ]이고 그림 5에서 보는 바와 같이 폴스폭[FWHM : Full Width at Half Maximum]은 약 500[uS]였다.

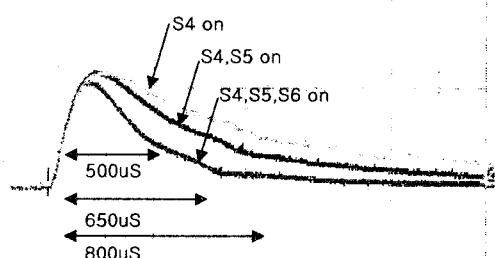


그림 5 DELAY 0uS 일때 각 파형

S4, S5을 on 했을때 출력 에너지는 약 210[mJ] 이었고
펄스 폭은 약 650[uS]였다.
S4, S5, S6을 동시에 on 했을때 출력 에너지는 약
250[mJ]이며 펄스 폭은 약 800[uS]이었다.

2.4.2 S4과 S5, S5과 S6의 Delay에 따른 파형

S4 와 S5 및 S5 와 S6 사이의 delay time을 0 ~ 500 μ s까지 각각 100 μ s씩 변화시켜가며 delay 시간의 변화에 따른 레이저 펄스폭을 고찰하였다. S4 와 S5 및 S5 와 S6 사이의 delay time을 변화시킴에 따라 얻어진 레이저 펄스 폭은 약 1ms였다. 그림 6은 각각의 delay time에 따른 레이저 출력력을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 각각의 delay time에 따라 레이저 출력력에 있어서는 큰 변화가 없었다. 그림 7, 8은 각각의 delay time에 따른 레이저 펄스의 형성 모양을 측정한 빔 프로파일이다.

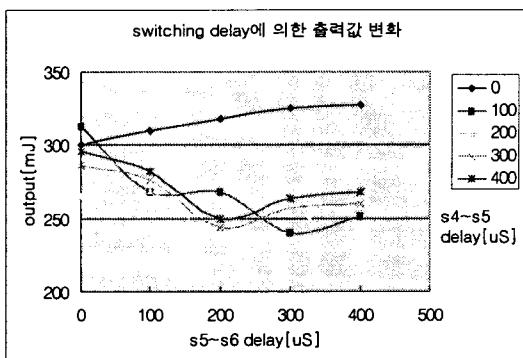


그림 6 각각의 Delay에 의한 출력변화

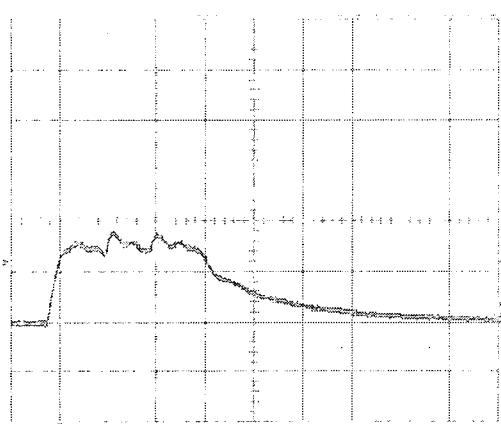


그림 7 DELAY time S5~S6: 300 μ s, S5~S6: 200 μ s
일때의 파형

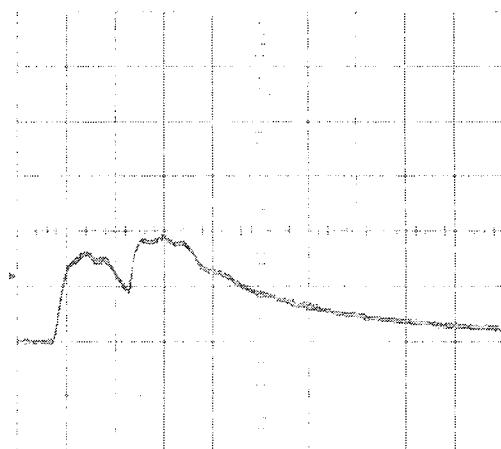


그림 8 DELAY time S5~S6: 400 μ s, S5~S6: 0 μ s
일때의 파형

4. 결 론

폭넓은 재료가공에서, 다양한 펄스성형은 가공효율을 증가시킬 수 있다. 본 연구에서는 다중 펄스 중첩방식을 적용하여 3개의 스위칭 회로에 PIC 원 칩 마이크로프로세서 및 반도체 스위칭 소자를 활용하여 각 스위칭 회로의 SCR을 일정한 지연시간을 가지고 순차적으로 turn-on 하는 Multi Discharge 방식으로 다양한 형태의 펄스 형상이 가능하도록 연구하였다.

[참고 문헌]

- [1] Yasutomo Fujimori, 1992, Laser Material Processing in Electric Industries, *Proceeding of Lamp '92, Nagaoka*, pp. 981-986.
- [2] Kenichi Iga et al., 1994, *Fundamentals Laser Optics* (New York and London : Plenum), pp. 318-337.
- [3] 김기준, 이종선, 성기천, 양재웅, 이후설, 레이저 원리 및 활용, 대영사, 1997
- [4] J. E. Harry, *Industrial Laser and Their Application*, McGraw-Hill, 1974,
- [5] 김희제, 문덕쇠, 이홍식, Nd:YAG 레이저 제작 및 응용기술, 대한전기학회 논문지, 42(3), 19-27, 1993
- [6] E. Hirota, *High-Resolution Spectroscopy of Transient molecules*, Springer, Heidelberg, Germany (1985)
- [7] Jen-Shin Chang, "Handbook of Electrostatic Processes", Marcel Dekker Inc, pp.221-223 (1990)