

기체 레이저용 진공관식 펄스 전원

진정태, 차병헌, 남성모, 이흥호*
한국원자력연구소, 충남대학교*

A vacuum tube based pulse generator for gas lasers

Jeong-Tae Jin, Byung Heon Cha, Sung-Mo Nam, Heung-Ho Lee*
Korea Atomic Energy Research Institute, Chung Nam National University*

Abstract - This paper describes a vacuum tube based high voltage pulse generator for pulsed gas lasers. The pulse generator delivers 20 kV, 300 A pulse outputs with more than 10 kHz pulse repetition rates. It can be controlled its pulse width from 30 ns to 80 ns continuously without any hardware change.

1. 서 론

기체 레이저는 연구, 산업, 및 의료분야 등 광범위한 분야에서 널리 이용되고 있다. 특히 펄스 방전형 기체 레이저는 재료 가공, 원자분광학 연구, 해저 통신, 법의학 분야 등에서 다양하게 활용되고있다(1,2).

펄스 방전형 기체 레이저의 구성 요소는 레이저 방전관과 고전압 펄스 전원으로 크게 나눌 수 있으며 그 중 고전압 펄스 전원의 성능이 레이저 시스템의 안정적인 동작에 큰 영향을 미친다. 레이저 발진에 필요한 펄스 전원의 성능은 레이저 방전관에서 사용되는 기체 및 레이저 매질의 종류, 방전관의 구조 및 크기에 따라 다소 차이가 있으나 통상 출력 전압 수 10 kV, 출력 전류 수 100 A, 전압 상승율 수 10 nsec의 고전압 대전류 초단 펄스가 요구되며 펄스 반복율은 수 kHz 이상이 요구된다. 이와 같은 요건을 만족시키는 출력 펄스를 얻기 위해서는 대용량의 고속 스위칭 소자가 필수적이며 진공관, 사이라트론 (thyratron) 등이 널리 사용되고있고 최근에는 반도체 스위치가 자기펄스 압축회로 (magnetic pulse compression circuit)와 결합하여 일부 응용되고 있다(3,4). 그 중 진공관 스위치는 레이저 발진에 요구되는 펄스 정격을 충분히 만족시킬 뿐 아니라 펄스 폭을 하드웨어적인 변경 없이 연속적으로 제어할 수 있으므로 새로운 레이저 시스템 개발, 레이저 특성 조사 등과 같은 실험용의 고전압 대전류 초단 펄스전원 스위치로서 특히 유용하게 사용될 수 있다.

2. 회로 구성 및 특성

고전압 펄스 전원장치의 전체 구성은 그림 1과 같다. 그림 1에서 회로의 입력 펄스는 안정도가 우수한 TTL 레벨의 펄스 신호로서 펄스 폭 및 펄스 반복율의 가변이 가능하다. 이 입력 펄스는 FET로 구성된 증폭 회로를 거치면서 그림 2와 같이 진폭이 220 V로 증폭되고 이어서 진공관 VT₁, VT₂, 및 VT₃를 순차적으로 펄스 스위칭 시켜 레이저 방전관에 펄스를 공급하도록 되어 있다. 그림 3은 각각의 진공관 스위치 기본 회로이다. 사용된 진공관들의 바이어스 전원 값은 표 1과 같다. 그림 4는 진공관 스위치 VT₁의 제어 그리드 입력 전압 파형이다. 그림 4에서와 같이 펄스 신호가 인가되지 않는 기간에는 제어 그리드에 (-)110 V의 음전위를 인가시켜 안정적인 펄스 스위칭 동작이 가능하도록 하였다.

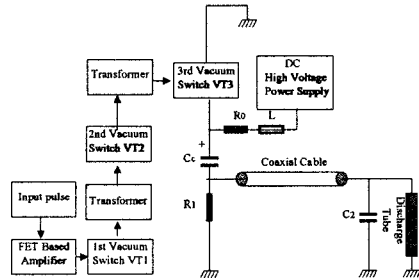


그림 1. 펄스 전원장치 구성도

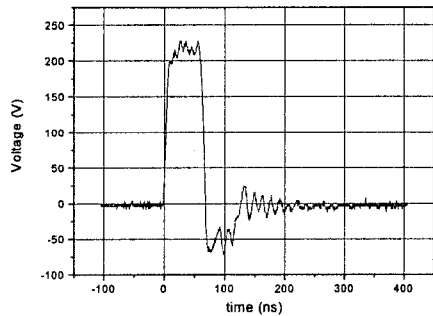


그림 2. FET 증폭회로 출력 전압 파형

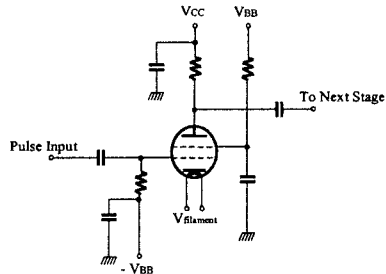


그림 3. 진공관 스위치 VT₁, VT₂, VT₃ 회로 구성도

표 1. 사용된 진공관 바이어스 전원 정격

	V _{CC}	V _{BB}	-V _{BB}
VT ₁	2 kV	700 V	-110 V
VT ₂	5 kV	1 kV	-300 V
VT ₃	29 kV	2~4 kV	-1.1 kV

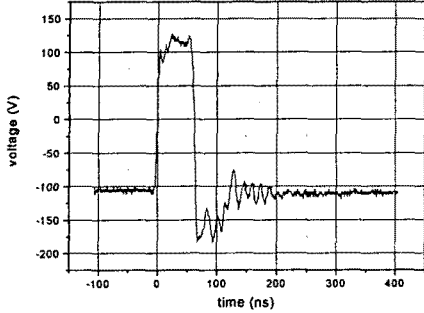


그림 4. 진공관 스위치 VT₁ 제어그리드 입력 전압 파형

그림 5는 진공관 스위치 VT₁의 anode 전압 파형이며 그림 6은 결합 커패시터를 거친 뒤의 VT₁ anode 전압 파형으로서 이전압은 펄스 전위를 반전시키고 동시에 펄스 전류를 증가시키는 목적으로 사용된 펄스 변압기의 입력 전압파형이기도 하다.

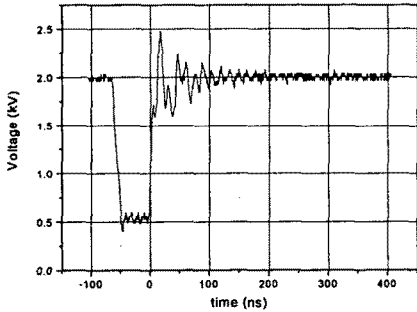


그림 5. 진공관 스위치 VT₁ Anode 전압 파형

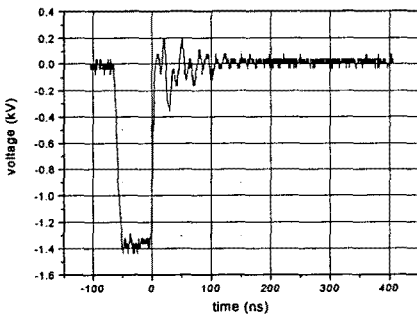


그림 6. Coupling 커패시터를 거친 뒤의 VT₁ anode 전압 파형 (2:1 펄스 변압기 입력 전압 파형)

그림 7은 2:1 펄스 변압기의 출력 전압파형이다. 그림 7에서 입력 전압의 전위가 반전되고 전압 진폭이 절반으로 줄었음을 알 수 있다.

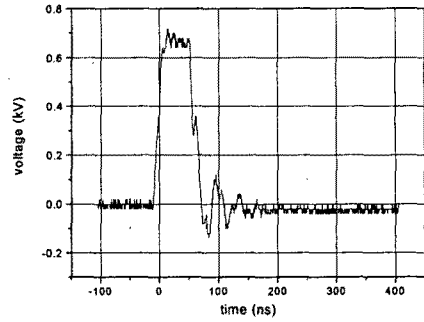


그림 7. 2:1 펄스 변압기 출력 전압 파형

그림 8은 진공관 VT₂의 제어 그리드 입력 전압 파형이다. 그림 8에서도 그림 4의 VT₁ 제어 그리드 입력파형과 마찬가지로 음의 바이어스 전압이 인가되어 있음을 알 수 있다.

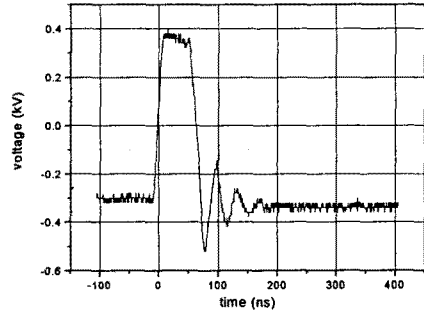


그림 8. 진공관 VT₂ 제어 그리드 입력 전압 파형

그림 9는 진공관 VT₂의 anode 전압 파형이며 그림 10은 진공관 VT₃의 anode 전압 파형이다.

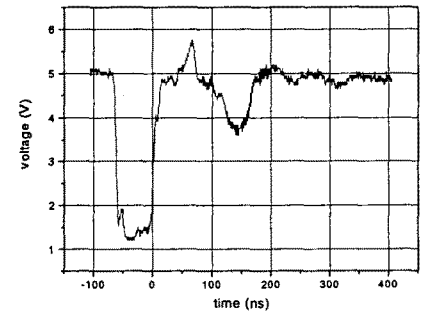


그림 9. 진공관 VT₂ anode 전압 파형

그림 1의 에너지 저장 커패시터 C_c는 직류 고전압 전원으로부터 인덕터 L, 저항 R₀, C_c, 및 저항 R₁의 경로를 거쳐 고전압이 충전되도록 되어 있다. C_c가 충전된 뒤 스위치 VT₃가 턴-온되면 C_c에 충전된 전하는 커패시터 C₂로 방전되기 시작하고 따라서 C₂가 일정 전압으로 상승되었을 때 레이저 방전관에서 방전이 일어나도록 되어 있다. 이 때 C_c에서 C₂로 방전되는 전하량은 C_c 전체

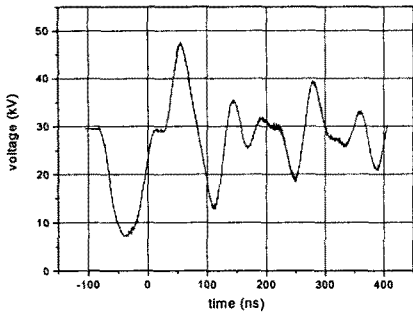


그림 10. VT₃ anode 전압 파형

전하량의 5% 미만으로 하여 C_c 가 직류 고전압 전원으로 부터 재충전 될 때 저항 R_0 및 R_1 에서 소모되는 전력을 최소화하였다. C_c 와 레이저 방전관 사이는 고유 임피던스가 75 ohm인 10 m 길이의 동축케이블로 연결함으로써 레이저 방전관의 급격한 임피던스 변동이 펄스 전원장치에 직접적인 영향을 미치지 않도록 하였다. 그림 11, 그림 12는 펄스 전원장치의 출력 전압 및 전류 파형이다.

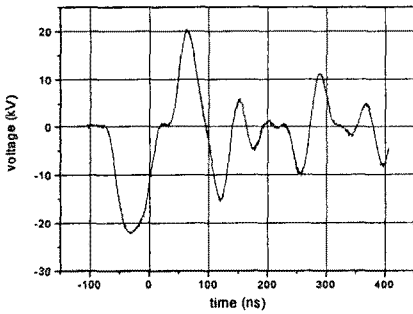


그림 11. 펄스 전원장치 출력 전압 파형

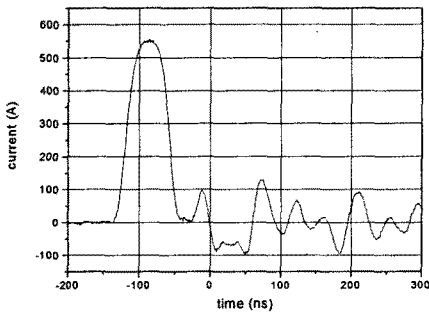


그림 12. 펄스 전원장치 출력 전류 파형

3. 결 론

펄스 방전형 기체 레이저 여기 전원으로 제작된 진공관식 고전압 펄스 전원장치의 회로 구성과 출력 특성에 대하여 살펴보았다. 진공관식 고전압 펄스 전원장치는 사이라트론식 펄스 장치에 비하여 회로 구성이 복잡하고

반도체식 펄스 장치에 비하여 수명이 짧은 단점이 있다. 그러나 진공관식 펄스 전원장치는 펄스 반복을 뿐만 아니라 연속적인 펄스 폭 및 펄스 진폭 변경이 매우 용이하고 또한 지터 (jitter)가 수 nsec 이하이므로 레이저 시스템 개발 및 연구용으로 유용한 전원장치라고 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] B.E. Warner, et al., "Industrial applications of high-power copper vapor lasers", Lawrence Livermore National Laboratory Report Number UCRL-JC-12070 2, 1995.
- [2] M. Cem Gokay, "Industrial applications of metal vapor lasers", SPIE Vol. 1412, pp28-31, 1991.
- [3] H. Seki, et al., "Development of a pulsed power supply for a large-bore copper vapor laser", Rev. Sci. Instrum. 65 (2), pp323-326, 1994.
- [4] Hidekazu Hatanaka, et al., "All solid state magnetic pulse compressor switched with IGBTs for a 5 kW TEA CO₂ laser", Proc. of the 9th IEEE Pulsed Power Conference, pp312-315, 1993.