

인산염 네오디뮴 글라스와 규산염 네오디뮴 글라스의 레이저 증폭 특성에 관한 연구.

A Study on the Amplification Characteristics of Laser of Phosphate Nd³⁺Glass and Silicate Nd³⁺Glass.

강 형 부

한양대 전기공학과

김 병 태 *

한양대 전기공학과

최근 고출력 레이저에 관한 연구가 미국, 일본을 비롯한 선진국에서 활발히 진행되고 있다. 고출력 글라스 레이저는 현재 레이저 중에서 가장 큰 출력을 발생시킬 수 있고, 여기에 레이저 소자로 쓰이는 글라스의 레이저 특성에 따라서 레이저 증폭 특성이 다르다.

본 연구에 쓰이는 글라스 레이저는 4준위 레이저이며 그 에너지 준위도는 그림 1.과 같다.

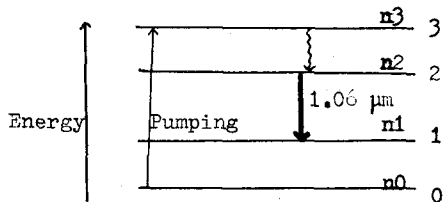


그림 1. 글라스 레이저의 에너지 준위도

한편 레이저 증폭 특성을 연구할 레이저 소자는 최근 새로이 개발된 인산염 (Nd³⁺) 글라스와 종래의 규산염 네오디뮴 (Nd³⁺) 글라스이며 이를 각각 레이저 소자로 사용한 고출력 글라스 레이저 시스템의 증폭성을 프란츠-노드빅 방정식 (Frantz - Nodvik rate equations) 에

의하여 산출하며 이 식들은 다음과 같이 표시 된다.

$$\frac{dI}{dt} + C \frac{dI}{dx} = C \left\{ a (N_2 - N_1) - r \right\} I$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -a (N_2 - N_1) I$$

$$\frac{dN_1}{dt} = a (N_2 - N_1) I - \frac{N_1}{T}$$

C : 매질중의 광속도

a : 유도방출 단면적

r : 매질의 단위길이당 손실

N₂, N₁ : 준위 2, 1 의 네오디뮴 원자의 밀도

T : 준위 1 의 수명

여기서 사용된 글라스 레이저는 5단 증폭 글라스 레이저로서 1, 2 단 증폭기의 제원은 직경 20 mm 길이 300 mm, 3, 4 단 증폭기는 직경 30 mm 길이 300 mm, 5 단 증폭기는 직경 40 mm 길이 600 mm, 이고, 비교 사용된 레이저 소자는 일본 호야 (HOYA) 회사의 LMG -8, LMG -7 인산염 글라스, LSG -97H 규산염 글라스 및 미국 오웬스 일리노이스 (Owens - Illinois) 의 BD-2 규산염 글라스의 레이저 특성을 이용 하였고 이들 각 레이저 소자의 특성을 표 1. 과 같다.

*	ED - 2	LSG-91H	LHG - 7	LHG - 8
Glass Type	Silica - te	Silica - te	Phospha - te	Phospha - te
Nd3+ 이온 밀도	2.83×10^{20}	3.0×10^{20}	3.1×10^{20}	3.1×10^{20}
손실율	5×10^{-3}	1×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1×10^{-3}
유도 방출 단면적	3.03×10^{-20}	2.7×10^{-20}	3.8×10^{-20}	4.2×10^{-20}

표 1. 소자들의 레이저 특성

증폭된 광펄스의 파형 및 출력은 입사 레이저 광에 대한 펄스 강도와 그 파형에 의하여 결정되는데 여기서 입사광은

$$I = I_0 \sin^2 w(t - (x/c))$$

로 가정하고, 기저상태의 이온 밀도를 95% 펌핑(Pump)시켰다고 가정하여 프란츠-노드빅 방정식을 풀었다.

그 결과 1단 증폭기의 경우 인산염 글라스 레이저는 약 10배의 증폭율을 보였으며 규산염 글라스 레이저는 약 6.5배의 증폭율을 보여 인산염 글라스 레이저가 규산염 글라스 레이저보다 현저한 증폭 특성을 갖는 레이저 소자임이 입증되고 입력과 출력의 파형은 그림 2.와 같이 나타났다.

2단에서 5단까지의 증폭특성은 현재 연구 중이다.

*References

1. Takatomo Sasaki, Taysuhiko Yamanaka ; A Construction of High Power Laser Amplifier Using Glass and Selenium Oxychlorid Doped with Nd3+ ,Japanese Journal of Applied Physics, Vol.8, No.8, August, 1969
2. W. Koechner ; Solid-State Laser Engineering Springer-Verlag, 1976
3. Amnon Yariv ; Introduction to Optical Electronics, Holt, 1971

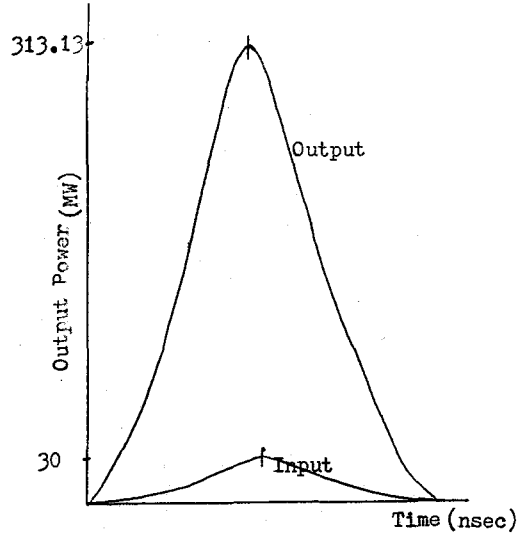


그림 2. LHG-8 레이저 소자의 입력 및 출력 파형도

4. R.H. Lehmer and J.M. McMahon ; A Numerical Study of the Nanosecond and Subnanosecond Performance of GEKKO XII-Module, NRL Memorandum Report 4493, April 23, 1981
5. Lee M. Frantz and John S. Nodvik; Theory of Pulse Propagation in a Laser Amplifier ,J. of Appl. Phy. ,vol34,no8,August 1963
6. 강 형부 : 30 GW급 대출력 글라스 레이저의 개발연구, 대한전기학회, vol.31 no.5, 1980